

**ФГБОУ ВО Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе**



Материалы международной  
научно-практической конференции

**«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ТАДЖИКИСТАНА:  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, АКТУАЛЬНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ»**

посвященная 33-летию Независимости Республики Таджикистан,  
85-летию профессора кафедры электроэнергетики ДФ НИУ МЭИ М.Б.Иноятова  
и приуроченную ко дню энергетика

**Душанбе – 2024**

**ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет  
«МЭИ» филиал в г. Душанбе**

Материалы международной научно-практической  
конференции

**«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ТАДЖИКИСТАНА:  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, АКТУАЛЬНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ»**

посвященная 33-летию Независимости Республики Таджикистан,  
85-летию профессора кафедры электроэнергетики ДФ НИУ МЭИ М.Б.Иноятова  
и приуроченную ко дню энергетика

г. Душанбе, 20 декабря 2024 года

**ISBN 978-99985-989-5-4**

**Организационный комитет:**

Абдулкеримов С.А. (председатель)  
Чиркина Т.В., Инояттов М.Б., Шамсиев М.В., Назиров Х.Б., Ганиев З.С.,  
Джуразода Ш.Дж., Ишан-Ходжаев Р.С., Исмоилов С.Т.

**Редакторы:**

к.т.н., доцент С.А. Абдулкеримов,  
д.с.н., профессор Р.Р. Рахматиллоев, к.т.н., профессор М.Б. Инояттов,  
к.т.н., доцент М.В. Шамсиев, к.т.н., доцент Х.Б. Назиров,  
к.т.н., ст. преп., З.С. Ганиев, к.т.н., доцент Ш.Дж. Джуразода,  
ст. преп. Р.С. Ишан-Ходжаев, к.т.н., ст. преп., С.Т. Исмоилов

Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика Таджикистана: использование возобновляемых источников энергии, актуальные проблемы и пути их решения» посвященная 33-летию Независимости Республики Таджикистан, 85-летию профессора кафедры электроэнергетики ДФ НИУ МЭИ М.Б.Инояттова и приуроченную ко дню энергетика, г. Душанбе, 20 декабря 2024 года: Материалы международной научно-практической конференции. – Душанбе: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Душанбе, 2024. – 293 с.

Мы особенно признательны коллегам, представившим свои материалы, ведь проведение конференции стало возможным благодаря дружественной заинтересованности учёных из России, Узбекистана, Белоруссия и вузов Таджикистана.

Ответственность за содержание публикаций несут авторы. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций.

© Авторы, 2024  
© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Душанбе, 2024 г.



Правительство страны, с учетом обилия гидроэнергетических ресурсов, большого потенциала производства «зеленой» энергии, ее экспорта, предпринимает устойчивые шаги в достижении своей стратегической цели – достижении энергетической независимости.

С целью достижения целей Стратегии развития «зеленой» экономики необходимо принять практические меры по созданию гидроэлектростанций за счет возобновляемых источников энергии и к 2030 году — по увеличению альтернативных мощностей производства «зеленой» энергии в объеме не менее 1000 мегаватт, то есть с использованием солнечных и ветряных ресурсов.

**Эмомали Рахмон**

**Иноятов Мелис Бурхонович** родился 31 декабря 1939 года в поселке Айни Согдийской области в семье служащего. После окончания Московского Горного Института, с 1965 по 1966 г. работал в качестве ассистента кафедры «Электропривода и Электрических машин» Таджикского Политехнического Института.

В 1966-1967 г. работал в качестве секретаря комитета комсомола института.

В 1968 г. поступил в аспирантуру Московского Горного Института. После окончания аспирантуры в 1971 г. был принят на работу в Таджикский Политехнический Институт старшим преподавателем кафедры «Электрические станции сети и системы».



Мелис Бурхонович обладает отличной организаторской способностью и возглавлял кафедру «Электрических станций» энергетического факультета Таджикского Технического Университета имени академика М.С. Осими с 2000 по 2013 г. Факультет являлся одним из ведущих факультетов среди технических вузов СССР. Факультет дважды был награжден переходящим Красным знаменем Совета Министров и ЦК профсоюза СССР. Также на протяжении 20 лет избирался деканом энергетического факультета Таджикского Политехнического Института, в последствии Таджикского Технического Университета.

В 1984-86 г. был отправлен Министерством Высшего и Среднего специального образования СССР для подготовки высококвалифицированных кадров в Кабульский Политехнический Институт.

Мелис Бурхонович на протяжении долгих лет своей деятельности в Таджикском Техническом Университете имени академика М.С. Осими показал себя, как отличный специалист своей области. Будучи знакомым с научными методами исследования в области энергетики, написал много научных работ в интересах развития отрасли.

В настоящее время Иноятов М.Б. является профессором кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в городе Душанбе.

Его ученики являются высококвалифицированными специалистами и занимают высокие должности в различных отраслях.

Под руководством Мелис Бурхоновича на энергетическом факультете ТТУ им. ак. М.С. Осими для повышения качества образования были открыты специальности: «Автоматическое управление в обработке информации», «Радиотехника» и «Гидроэнергетика». Он приложил большие усилия по привлечению средств организаций для обновления лабораторий, организовал компьютерный класс. Сопутствовал заключению договора о сотрудничестве с Новосибирским техническим университетом по подготовке научных кадров. Согласно договору, были подготовлены 9 кандидатов технических наук. Он является одним из организаторов системы теплоэлектроснабжения в городе Душанбе.

Мелис Бурхонович в преподавательской деятельности использует современные методы обучения, которые сейчас применяются в энергетических образовательных учреждениях.

Под его руководством было подготовлено более 3 тыс. специалистов для системы энергетики Республики Таджикистан и зарубежных стран.

У Мелис Бурхоновича более 160 научных и методических работ, 3 запатентованных изобретения.

Под его руководством защитили кандидатские диссертации 2 аспиранта, один из которых гражданин Германии.

Он награжден орденом Дружбы и знаком победителя Социалистических соревнований в 1975-77 г.

Согласно приказу ректора ТТУ им. ак. М.С. Осими Мелис Бурхонович внесен в книгу почета университета. За доблестный труд был награжден знаками «Отличник образования» и «Отличник Барки Точик». Он также является Заслуженным деятелем РТ. Среди коллектива пользуется заслуженным авторитетом.

Женат, имеет 3 сына, 8 внуков и 7 правнука. Очень добрая и отзывчивая жена Мелис Бурхоновича, Иноятова Саодат Ахмедовна долгие годы проработала врачом и заведующим отделения в Здравоохранительном Центре при Президенте РТ.

Сыновья: Иноятов Джамшедджон окончил ТТУ им. ак. М.С.Осими, Иноятов Фаррухджон окончил Таджикский Аграрный Университет, Иноятов Джахонгир окончил ТТУ им. ак. М.С. Осими.

Внук Мелис Бурхоновича - Иноятов Бехруз пошел по стопам дедушки. Он окончил Харьковский Политехнический Университет с отличием, а также досрочно защитил кандидатскую диссертацию в НИУ «МЭИ» в Москве.

# СЕКЦИЯ 1. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Т.Ш. Гайибов*

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

*Т.У. Тошев, Ш.Ж. Тоштурдиев*

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Проектирование солнечных фотоэлектрических систем предусматривает выбора оптимального состава входящих в них элементов с учетом условий их долгосрочной эксплуатации. В настоящее время отсутствуют алгоритмы решения такой задачи, основанные на использование строгих математических моделей и методов оптимизации с учетом всех влияющих факторов. В данной работе предлагается математическая модель и алгоритм оптимизации состава элементов автономных солнечных фотоэлектрических систем с учетом ограничивающих условий.

**Ключевые слова:** фотоэлектрическая система, солнечная панель, аккумуляторная батарея, капиталовложение, эксплуатационные затраты, математическая модель, алгоритм оптимизации.

## OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF EQUIPMENT FOR SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

*T.Sh. Gayibov*

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

*THAT. Toshev, Sh.Zh. Toshturdiev*

Karshi engineering economics institute, Karshi city, Uzbekistan

The design solar photovoltaic systems involves the selection of the optimal composition of their constituent elements, taking into account the conditions of their long-term operation. In present the algorithms based on using the of rigorous mathematical models and optimization methods taking into account all influencing factors is not created. This paper proposes a mathematical model and algorithm for optimization the composition of elements of autonomous solar photovoltaic systems, taking into account limiting conditions.

**Key words:** photovoltaic system, solar panel, storage battery, capital investment, operating costs, mathematical model, optimization algorithm.

### **Введение**

В современных условиях интенсивного развития энергетики актуальным является внедрение в систему генерации электроэнергии станций, работающих на возобновляемые источники энергии, в частности, солнечных фотоэлектрических систем (СФЭС). Внедрение таких систем, в первую очередь, требует разработку соответствующих прогрессивных методов их проектирования и эксплуатации с учетом всех влияющих факторов. Одна из

основных задач, решаемых при проектировании СФЭС является выбор оптимального состава их элементов с учетом всех влияющих факторов.

В настоящее время существуют ряд работ по моделированию и решению задач проектирования генерирующих систем на основе возобновляемых источников энергии [1]. Они, несомненно, внесли большой вклад в развитии теории и методов решения данной задачи. Однако, они не свободны от некоторых недостатков, связанных, в частности, с невозможностью непосредственного использования их для решения рассматриваемой задачи, отсутствием строгих математических моделей и методов расчета.

Важные результаты по эффективному решению рассматриваемой задачи приведены в [2]. Они предусматривают решения задачи в двух этапах. Несмотря на то, что данная модель и алгоритм решения является более эффективным по сравнению с другими (с точки зрения решения рассматриваемой в данной работе задач) целесообразным является его усовершенствование на основе приведения процесса решения к одному этапу и использования строгих математических моделей и методов решения.

В данной работе предлагается эффективная математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации состава элементов СФЭС, состоящей из солнечных панелей, аккумуляторной батареи и других установок преобразования, управления, регистрации и соединения.

Здесь можно также учитывать снижение эксплуатационных расходов в связи с развитием технологии и улучшением условий эксплуатации. В настоящее время годовое снижение эксплуатационных расходов за счет влияния этих факторов можно принять 5% [3].

### Математическая модель и алгоритм оптимизации.

Таким образом, после некоторых несложных преобразований рассматриваемая задача математически формулируется в следующем виде:

Целевая функция

$$Z = 1,525 \cdot C_{PV} \cdot N_{PV} + 1,9 \cdot C_{BS} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par} \rightarrow \min \quad (1)$$

ограничения

$$R_{sol}^{(t)} \cdot A \cdot N_{PV} \cdot \eta_{PV} \cdot \eta_{El} - P_{BS}^{ch(t)} + P_{BS}^{dch(t)} = P_L^{(t)}, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (2)$$

$$0 \leq P_{BS}^{ch(t)} \leq P_{1BS}^{ch.max} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par}, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (3)$$

$$0 \leq P_{BS}^{dch(t)} \leq P_{1BS}^{dch.max} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (3a)$$

$$W_{1BS}^{min(t)} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par} \leq W_b + \sum_{i=1}^t P_{BS}^{ch(i)} - \sum_{i=1}^t \frac{P_{BS}^{dch(i)}}{\eta_{BS}^{(i)}} \leq \quad (4)$$

$$\leq W_{1BS}^{max(t)} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par}, \quad t = 1, 2, \dots, T,$$

$$\sum_{i=1}^T P_{BS}^{ch(i)} - \sum_{i=1}^T \frac{P_{BS}^{dch(i)}}{\eta_{BS}^{(i)}} = 0, \quad (5)$$

где  $P_{1BS}^{ch.max}$ ,  $P_{1BS}^{dch.max}$  - допустимые максимальные зарядная и разрядная мощности одной аккумуляторной батареи;  $\eta_{BS}^{(i)}$  - КПД аккумуляторной батареи в  $i$ -м временном интервале;  $W_{1BS}^{min(t)}$ ,  $W_{1BS}^{max(t)}$  - минимальный и максимальный



допустимые значения электроэнергии, которые могут быть накоплены в одной аккумуляторной батарее в  $t$ -м временном интервале.

Полученная задача (1)-(5) представляет собой задачу линейного математического программирования. Поэтому для её решения предлагается алгоритм, основанный на использовании метода линейного программирования.

В результате решения задачи находятся значения всех  $2(1+T)$  неизвестных, т.е.  $N_{PV}$ ,  $N_{BS.par}$  в  $P_{BS}^{ch(1)}$ ,  $P_{BS}^{ch(2)}$ , ...,  $P_{BS}^{ch(T)}$ ,  $P_{BS}^{dch(1)}$ ,  $P_{BS}^{dch(2)}$ , ...,  $P_{BS}^{dch(T)}$ . Полученные значения  $N_{PV}$ ,  $N_{BS.par}$  округляют до целого числа в большую сторону. Затем, по  $N_{BS} = N_{BS.par} \cdot N_{BS.ser.}$  определяют общее число аккумуляторов в батарее.

### Результаты

Эффективность предложенной математической модели и алгоритма оптимизации состава элементов солнечных фотоэлектрических систем исследована на примере выбора составов солнечных панелей и аккумуляторных батарей в автономной СФЭС.

Суточный период представлен восьми характерными временными интервалами. Графики нагрузок потребителя и удельной мощности падающей солнечной радиации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Графики нагрузок потребителя и удельной мощности падающей солнечной радиации.

$t$ , ч.	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_L$ , кВт	3,8	6,0	12,8	15,2	11,6	15,6	18,0	6,5
$R_{sol}^{(t)}$ , кВт/м <sup>2</sup>	0,0	0,0	0,35	0,65	0,75	0,45	0,1	0,0

В качестве примера выбраны по одному типу солнечной панели и аккумуляторной батареи.

Параметры выбранного типа солнечной панели:

Место производства: Anhui, China; Номер модели: SUN410-430 DE21M; Тип: PERC, Shingled Solar Panel, монокристаллический кремний; срок службы: 25 лет; максимальная мощность: 415 Вт; размер поверхности панели: 1723x1134 мм; эффективность: 20%; удельная стоимость: 0,19 \$/Вт.

Параметры выбранной аккумуляторной батареи:

Место производства: Guangdong, China; Номер модели: GE100AH/ 12V(100); тип: Gel Lead Battery; срок службы: 10 лет; Размер аккумулятора: 12V, 100AH; стоимость одного аккумулятора: 91 \$/шт.

В расчетах КПД аккумуляторной батареи во всех временных интервалах приняты  $\eta_{BS}^{(i)}=0,85$ . Напряжение сети принят 220 В.

Оптимальное число солнечных панелей, полученное в результате решения задачи на основе использования предложенной математической модели и алгоритма расчета:  $N_{PV}= 107,67 \approx 108$  шт. Оптимальное число параллельно соединенных ветвей с 20 аккумуляторами в каждом:  $N_{BS.par}=$

8,05 ≈ 8 шт. Соответственно, общее число аккумуляторов в батарее по (9):  $N_{BS} = 20 \times 8 = 160$  шт. Минимальное значение целевой функции:  $Z_{min} = 40650,59$  \$.

В таблице 2 приведены полученные оптимальные мощности зарядки и разрядки аккумуляторной батареи по временным интервалам сутки.

Таблица 2

Оптимальные мощности зарядки и разрядки аккумуляторной батареи.

$t$ , ч.	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{BS}^{ch.(t)}$ , кВт	0,0	0,0	1,63	11,60	19,32	2,95	0,0	0,0
$P_{BS}^{dch.(t)}$ , кВт	3,8	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,88	6,5

Достоверность полученного результата оптимизации проверена на основе сопоставления их с множеством случайно выбранных допустимых решений, при которых значения целевой функции оказались больше, чем при использовании предложенной модели и алгоритма.

Эксплуатация СФЭС, построенной на основе определенного оптимального состава элементов, осуществляется посредством оптимального планирования их краткосрочных режимов работ [4-7].

### Заключения

1) Предложены математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации состава элементов автономных СФЭС, основанные на использовании строгих математических связей и методов линейного программирования;

2) на основе исследования вычислительных качеств предложенной математической модели и алгоритма оптимизации на конкретном примере показана их высокая эффективность;

3) предложенная математическая модель и алгоритм оптимизации состава элементов СФЭС могут быть использованы при проектировании эксплуатации таких систем.

### Литература

1. Zhang, Junli & Wei, Huashuai. (2022). A review on configuration optimization of hybrid energy system based on renewable energy. *Frontiers in Energy Research*. 10. 10.3389/fenrg.2022.977925.
2. Freire-Gormaly, M, & Bilton, AM. "Optimization of Renewable Energy Power Systems for Remote Communities." *Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Volume 2A: 41st Design Automation Conference*. Boston, Massachusetts, USA. August 2–5, 2015. V02AT03A030. ASME. <https://doi.org/10.1115/DETC2015-47509>.
3. Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Fluri, Dominik Peper, Aschkhan Davoodi Memar, Thomas Schelegl. "Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies," 2021
4. Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Julch, Huyen-Tran Nguyen, Thomas Schelegl. "Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies," 2018.
5. Tulkin Gayibov and Elnur Abdullaev. Optimization of daily operation mode of photovoltaic systems of enterprises. *E3S Web of Conferences* 264, 04063 (2021). CONMECHYDRO – 2021.

6. T.Sh. Gayibov, B.A. Uzakov, E.A. Abdullaev. (2020) Optimization of loading schedules of consumers with own stations on the basis of renewable energy sources. Journal of critical reviews. 7 (15) 1738-1742.

7. T.Sh. Gayibov, T.U.Toshev. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarida ishlovchi elektr stansiya jihozlarining optimal tarkibini tanlash. Innovatsion texnologiyalar jurnali. 2024. 3(55)-son. 91-101 b.

### **Авторы:**

д.т.н., проф. **Гайибов Т.Ш.**

Ташкентский государственный технический университет,  
100095, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, д. 2А

Телефон: +998 (90)-186-16-11 ;

**E-mail:** [tulgayibov@gmail.com](mailto:tulgayibov@gmail.com) ;

доц. **Тошев Т.У.**

Каршинский инженерно-экономический институт,  
180100, Узбекистан, г. Карши, ул. Мустакиллик, д. 225

Телефон: +998 (91)-221-48-94 ;

**E-mail:** [tojiddin20.02.85@gmail.com](mailto:tojiddin20.02.85@gmail.com).

магистр, **Тоштурдиев Ш.Ж.**

Каршинский инженерно-экономический институт,  
180100 Узбекистан, г.Карши, ул. Мустакиллик, д. 225

Телефон: +998 (91)-221-48-94 ;

**E-mail:** [tojiddin20.02.85@gmail.com](mailto:tojiddin20.02.85@gmail.com).

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРЫВИСТОСТИ ВЕТРА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ**

*Р.А. Джалилов*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

Рассмотрены различные подходы при аналитическом подходе отображения порывов ветра для исследования работы ветроэлектрических агрегатов. Все рассмотренные модели могут быть использованы при расчетах режимов работы ветроагрегатов при порывах ветра. Оценка качества режимных параметров в различных ветровых условиях должна проводиться с использованием конкретных реализаций скорости ветра на достаточно длительном промежутке времени.

**Ключевые слова:** ветроэлектрический, генератор, ветер, порывистость.

## **THE MODELING OF WIND GUSTS IN THE STUDY OF THE OPERATING MODES OF WIND POWER UNITS**

*R. A. Jalilov*

Tajik technical university named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

Various approaches to the analytical representation of wind gusts for the study of wind turbine performance are considered. All the models discussed can be used for calculating the operational modes of wind turbines during wind gusts. The assessment of the quality of operational parameters under different wind conditions should be conducted using specific wind speed realizations over a sufficiently long time interval.

**Key words:** wind-electric, generator, wind, gusts.

Порывистость ветра является метеорологическим фактором, могущим вызвать существенные отклонения режимных параметров ветроэлектрических агрегатов от их установившихся, а в ряде случаев и номинальных значений. Очевидно, что величины этих отклонений будут определяться не только колебаниями скорости ветра, но и в заметной мере зависеть от типа и характеристик ветроколеса и сопряженного с ним генератора, условий работы ветроагрегатов (на выделенную нагрузку, параллельно с энергосистемой, между собою или с агрегатами других типов), характеристик систем управления ими и т.д. Наряду с необходимостью обстоятельного изучения этих зависимостей в различных ветровых условиях особую важность приобретает и рассмотрение вопросов, связанных с поиском рациональных решений, удовлетворяющих заданным показателям качества режима работы агрегатов. При исследовании всех этих задач возникает прежде всего потребность в объективном отображении возмущающих ветровых воздействий, от которых в первую очередь зависит правильность как конечных результатов, так и выбора оптимальных решений. Целью настоящей статьи является не только обобщение основных численных показателей, характеризующих порывистость ветра, но и делается попытка некоторого преломления этих показателей применительно к специфическим условиям размещения ветроэнергетических агрегатов и особенностями протекания в них переходных процессов при ветровых возмущающих воздействиях.

Анализ результатов обработки большого количества реализаций скорости ветра показал, что мгновенные значения порывов не превышают  $(1,3 \dots 1,5)u(t)$ . Время формирования  $t_{\phi}$  порыва составляло  $0,3 \dots 20$  с., продолжительность порыва также изменялась в широком диапазоне от 1 до 20 с.

При аналитическом отображении порывов ветра используются различные подходы. Так, порывы ветра представляются упрощенно в виде скачкообразного (рис.1а)

$$u = \begin{cases} u_{\text{нач}}, & \text{при } t < t_{\text{нач}}; \\ u_{\text{нач}} \pm \Delta u, & \text{при } t \geq t_{\text{нач}}, \end{cases} \quad (1)$$

либо экспоненциального (рис.1б)

$$u = \begin{cases} u_{\text{нач}}, & \text{при } t < t_{\text{нач}}; \\ u_{\text{нач}} \pm \Delta u \left(1 + e^{-\frac{t}{T}}\right), & \text{при } t \geq t_{\text{нач}}, \end{cases} \quad (2)$$

изменения скорости ветра при переходе к новому установившемуся значению. Постоянная времени  $T$  в (2) принимается равной 0,5 с.

Предлагаемая в [1] модель воспроизводит изменения скорости ветра в косинусоидальной полуволны (рис.1в)

$$u = \begin{cases} u_{\text{нач}}, & \text{при } t < t_{\text{нач}}; \\ u_{\text{нач}} \pm \frac{\Delta u}{2} \left[ 1 - \cos 2\pi \left( \frac{t-t_{\text{нач}}}{t_{\text{пор}}} \right) \right], & \text{при } t_{\text{нач}} < t \leq t_{\text{нач}} + t_{\text{пор}}; \\ u_{\text{нач}}, & \text{при } t > t_{\text{нач}} + t_{\text{пор}} \end{cases} \quad (3)$$

где  $u_{\text{нач}}$  – начальная скорость ветра,  $\Delta u$  – абсолютное превышение скорости ветра от заданного уровня,  $t_{\text{пор}}$  – продолжительность порыва ветра.

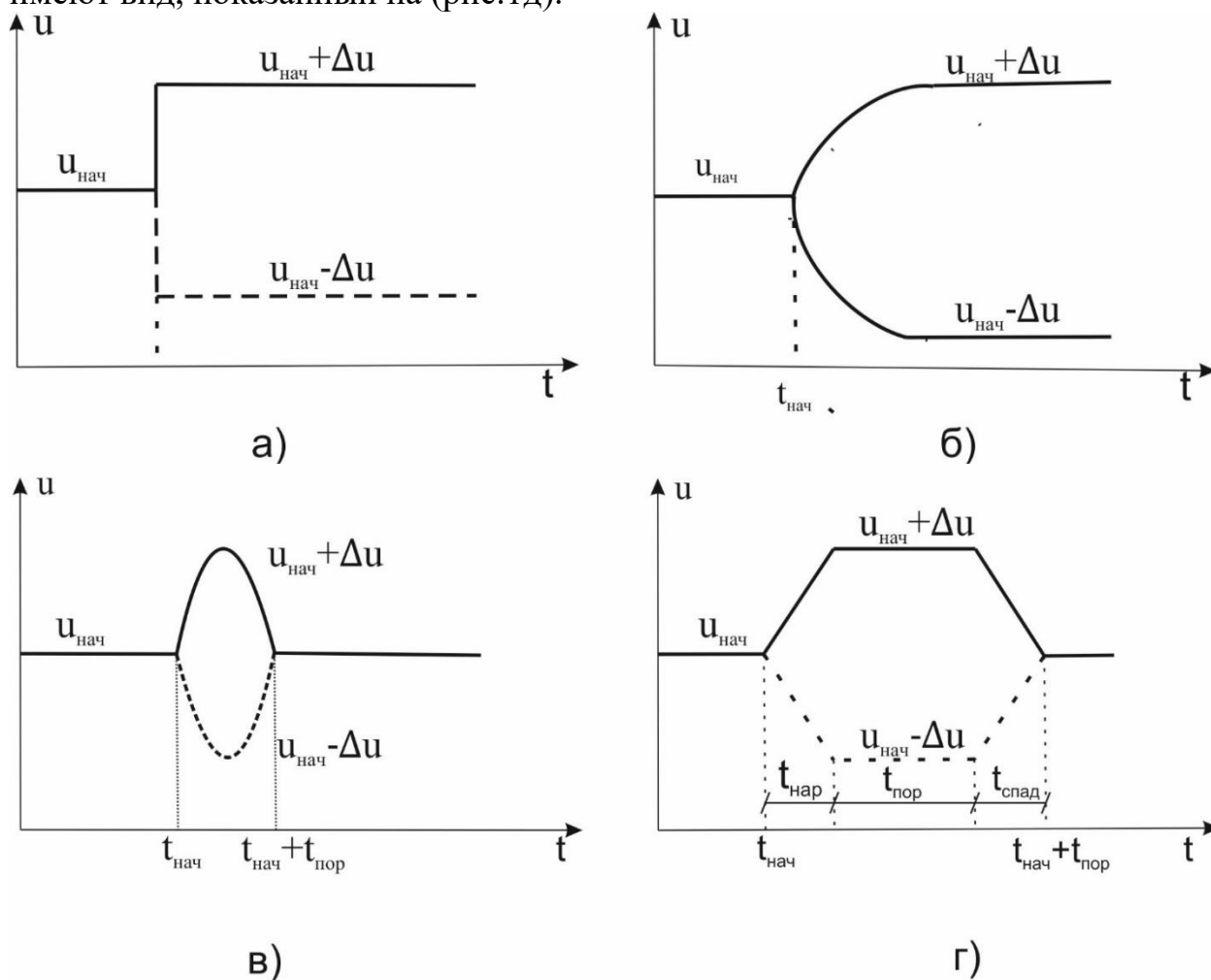
Такая модель более правильно отображает изменения скорости ветра в одиночном порыве (вслед за порывом идет спад скорости ветра и наоборот).

В ряде работ [2] амплитуда порыва ветра  $\Delta u$  в уравнении (2) является функцией его продолжительности и высоты над поверхностью земли:

$$\Delta u = \frac{u_r}{\ln(z/z_0)} \{1 - \exp[u(z_a)t_{\text{пор}}/1,48z_a]\}^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где  $u(z_a)$  – средняя скорость ветра на высоте  $z_a$  над поверхность земли;  $u_r$  – средняя скорость ветра на исходном уровне  $z_r$ ;  $z_0$  – длина участка равнинной поверхности.

Характерные зависимости скорости ветра при порывах в этом случае имеют вид, показанный на (рис.1д).



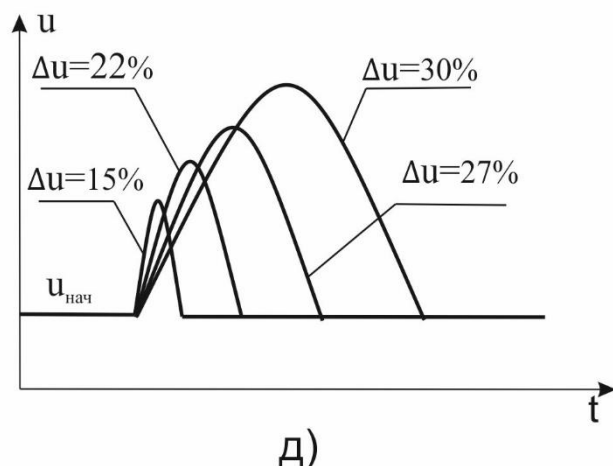


Рис.1. Формы представления порыва ветра при моделировании.

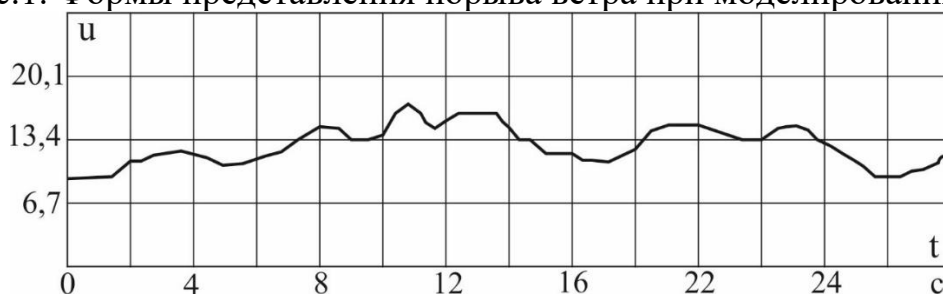


Рис. 2. Порыв ветра при средней скорости ветра 12...13 м/с.

Вместо (2) используется более универсальная трапецеидальная форма изображения порывов ветра (рис.1г) [3]:

$$u = \begin{cases} u_{нач}, & \text{при } t \leq t_{нач}; \\ u_{нач} \pm \Delta u \frac{t-t_{нач}}{t_{нар}}, & \text{при } t_{нач} < t < t_{нач} + t_{нар}; \\ u_{нач} \pm \Delta u, & \text{при } t_{нач} + t_{нар} \leq t \leq t_{нач} + t_{пор} - t_{спад}; \\ u_{нач} \pm \Delta u \pm \Delta u \frac{t-(t_{нач}+t_{пор}-t_{спад})}{t_{спад}}, & \text{при } t_{нач} + t_{пор} - t_{спад} < t < t_{нач} + t_{пор}; \\ u_{нач}, & \text{при } t > t_{нач} + t_{пор} \end{cases} \quad (5)$$

где  $t_{нар}$  – время нарастания порыва ветра до нового значения;  $t_{спад}$  – время спада порыва ветра до исходного значения скорости ветра.

### Заключение

Все приведенные выше модели отличаются достаточной простотой и могут быть использованы при расчетах экстремальных величин режимных параметров ветроэнергетических генераторов при порывах ветра.

Оценка качества режимных параметров в различных ветровых условиях должна проводиться с использованием конкретных реализаций скорости ветра на достаточно длительном промежутке времени. В качестве таковой может служить временная реализация, показанная на рис.2.

## Литература

1. Kentfield J.A.C. Modification, due to gusting of the performance characteristics of wind turbines // Proc. 21 st. Intersoc. Energy Convers. Eng. Conf., San Diego, 1986.- Vol. 2, - P.1247-1252/
2. Goodfellow D., Smith D.A., Gardner G. Control strategies for variable-speed wind energy recovery // Proc. 8th Brit. Wind Energy Assoc. Conf., Cambridge, 1986. – P. 219-228.
3. Мустафаев Р.И., Ледаков В.Г., Гусейн-заде Г.Ю. Динамические характеристики ветра как энергоносителя ветроэлектрических установок // Известия ВУЗов. – Энергетика.- 1989.-№10. – С.30-34.

## Автор:

Кандидат технических наук, доцент **Джалилов Р.А.**

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, 734025, ул. акад. Раджабовых 10а, г. Душанбе, Таджикистан

Телефон: +992918614379

E-mail: drustam@mail.ru

## ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА ТАДЖИКИСТАНА: ВАЖНОСТЬ ДЛЯ СТРАНЫ И ПРИЧИНЫ ОТСУТСТВИЯ ПРИОРИТЕТНОСТИ

*И.Б. Махсумов*

Институт энергетики Таджикистана, Кушониён, Таджикистан

Таджикистан обладает высоким потенциалом для развития солнечной и ветровой энергетики, что позволяет диверсифицировать энергетические ресурсы страны. В статье рассматриваются преимущества и ограничения использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветровые установки, для решения энергетических дисбалансов и обеспечения устойчивого энергоснабжения. Подчёркнута необходимость комплексного подхода, включая развитие инфраструктуры и подготовку специалистов, для успешной реализации "зеленой" энергетики в стране.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, гидроэнергетика, Таджикистан, экологическая устойчивость.

## RENEWABLE ENERGY IN TAJIKISTAN: IMPORTANCE FOR THE COUNTRY AND REASONS FOR LACK OF PRIORITISATION

*I.B. Makhsumov*

Tajik Power Engineering Institute, Kushoniyon, Tajikistan

Tajikistan has high potential for solar and wind energy development, which allows diversifying the country's energy resources. The article discusses the advantages

and limitations of using renewable energy sources, such as solar and wind installations, to address energy imbalances and ensure sustainable energy supply. The need for an integrated approach, including infrastructure development and training of specialists, is emphasized for the successful implementation of "green" energy in the country.

**Keywords:** renewable energy, solar energy, wind energy, hydropower, Tajikistan, environmental sustainability.

## **Введение**

Таджикистан обладает значительным потенциалом в области гидроэнергетики благодаря своему горному рельефу и многочисленным рекам. На данный момент 95% всей электроэнергии в стране производится 14 крупными и средними гидроэлектростанциями (ГЭС). Хотя гидроэнергетика является одним из наиболее экологически чистых методов генерации электроэнергии, эксперты указывают на необходимость развития альтернативных источников энергии.

Солнечная и ветровая энергетика представляют собой перспективные направления для диверсификации энергетического сектора Таджикистана, учитывая их экологическую устойчивость и богатые природные ресурсы региона. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), известные как «зеленая» энергетика, включают солнечные, ветровые, гидро- и биоресурсы. Они всё чаще рассматриваются как стратегическое направление в условиях глобальных изменений климата и стремления снизить зависимость от ископаемых источников энергии.

По мере истощения запасов углеводородного сырья и других невозобновляемых ресурсов, переход на ВИЭ становится не только экологической, но и экономической необходимостью.

Для Центральной Азии, включая Таджикистан, главными направлениями развития «зеленой» энергетики являются использование солнечной радиации, ветра и гидроресурсов, которые обладают высоким потенциалом в регионе [1].

## **Использование солнечной энергии в Республике Таджикистан**

Применение солнечной энергии в Таджикистане становится всё более актуальным в контексте растущей потребности в устойчивых источниках энергии и необходимости решения энергетических дисбалансов. Страна, где гидроэнергетика занимает доминирующее положение, обладает высоким потенциалом для развития солнечной энергетики благодаря благоприятным климатическим условиям. Высокий уровень солнечной инсоляции делает Таджикистан одним из перспективных регионов для внедрения фотогальванических технологий.

По данным Агентства по гидрометеорологии Таджикистана, продолжительность солнечного сияния составляет от 2100 до 3166 часов в год, а количество солнечных дней достигает 260-300 в году. Такие параметры относят Таджикистан к так называемому «золотому поясу» солнечного сияния, что открывает значительные возможности для использования



солнечной энергии, особенно в отдалённых горных районах, где отсутствуют линии электропередач.

Предварительные расчёты Министерства энергетики Таджикистана показывают, что потенциал использования солнечной энергии составляет около 3103 млрд кВт·ч в год. Это могло бы частично покрыть зимний дефицит электроэнергии, который остаётся серьёзной проблемой для страны. Летом в Таджикистане наблюдается переизбыток выработки электроэнергии за счёт гидроисточников, тогда как зимой, напротив, фиксируется дефицит, что приводит к введению ограничений на подачу электроэнергии в течение 8-10 часов в день в большинстве регионов [2].

В последние годы наблюдается рост локальных инициатив, направленных на использование солнечной энергии для автономных систем энергоснабжения. В отдалённых районах солнечные панели уже применяются для освещения, водоснабжения и бытовых нужд. Однако более масштабное использование солнечной энергетики ограничено рядом факторов, таких как недостаточная инфраструктура, высокие первоначальные затраты и нехватка квалифицированных специалистов.

Для успешного развития солнечной энергетики в стране необходим комплексный подход. Он должен включать привлечение инвестиций, создание нормативно-правовой базы и реализацию образовательных программ по подготовке специалистов [3]. Эти меры позволят устойчиво интегрировать солнечные технологии в энергетический сектор и использовать их для решения проблем энергетического дисбаланса, улучшая качество жизни населения. В таблице 1 приведены месячная солнечная инсоляция в городе Бохтар имеющий огромный потенциал солнечной энергии.

Таблица 1

Ежемесячная оценка приходящей солнечной радиации для города Бохтар  
(широта 37,872, долгота 68,724)

Месяцы	Глобальное горизонтальное облучение, кВт·ч/м <sup>2</sup>	Прямое нормальное облучение, кВт·ч/м <sup>2</sup>	Диффузионное солнечное облучение, кВт·ч/м <sup>2</sup>	Глобальное облучение под углом 40°, кВт·ч/м <sup>2</sup>
январь	69,49	94,32	107,17	112,96
февраль	92,28	128,88	132,16	137,39
март	123,89	126,06	149,25	150,35
апрель	161,01	168,3	171,06	167,36
май	209,89	214,07	203,68	194,57
июнь	234,68	256,67	216,26	203,58
июль	234,64	260,67	221,05	209,37
август	215,73	259,36	222,69	215,77
сентябрь	176,05	228,68	210,09	210,33
октябрь	132,53	191,55	186,2	192,59
ноябрь	80,61	124,48	126,92	133,95
декабрь	66,62	108,77	112,91	120,56

## Ветроэнергетический потенциал Республики Таджикистан

Ветроэнергетический потенциал Таджикистана, несмотря на недостаточную степень изученности, оценивается в пределах от 30 до 100 млрд кВт·ч в год, что позволяет считать его сопоставимым с гидроэнергетическим потенциалом страны. Однако в настоящее время использование ветровой энергии остается минимальным. По данным Министерства энергетики, в Таджикистане функционируют лишь 9 ветроэнергетических установок общей мощностью 5,1 кВт, в то время как общее количество солнечных генераторов составляет 2433 единицы с совокупной мощностью 8,87 МВт [1, 6].

Сдерживающим фактором развития ветровой и солнечной энергетики является высокая стоимость их внедрения и эксплуатации по сравнению с гидроэнергетикой. Для сравнения, стоимость производства 1 кВт·ч электроэнергии на гидроэлектростанциях составляет 22,66 дирама (2,5 цента), тогда как аналогичный объем энергии, полученный от ветровых установок, обходится примерно в 20 центов, согласно данным из стран, активно использующих эту технологию.

Несмотря на существующие экономические барьеры, в 2020 году в Мургабском районе Горно-Бадахшанской автономной области была введена в эксплуатацию первая в Таджикистане солнечная электростанция мощностью 220 кВт. Проект был реализован при поддержке Агентства США по международному развитию (USAID) и компании Pamir Energy. Для сравнения, мощность самой маленькой гидроэлектростанции в стране Варзобской ГЭС-3 составляет 3,52 МВт, а крупнейшей действующей ГЭС Нурекской 3000 МВт, что обеспечивает около 70% от общей потребности страны в электроэнергии [4-6].

На рисунке 1 представлена карта ветроэнергетического потенциала Республики Таджикистан.

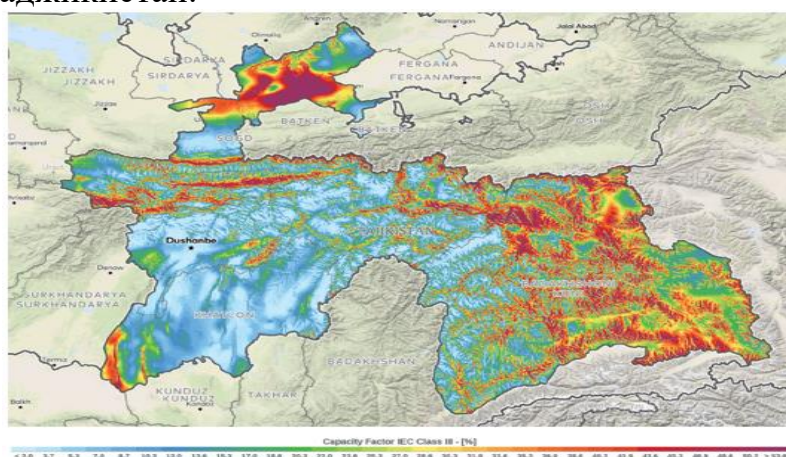


Рис. 1. Глобальный атлас ветроэнергетического потенциала Республики Таджикистан Источник: GLOBAL WIND ATLAS

## **Необходимость поиска альтернативных источников энергии в Таджикистане**

Альтернативные источники энергии в структуре энергобаланса Таджикистана занимают лишь около 2%, основную часть выработки электроэнергии обеспечивают крупные гидроэлектростанции (95%), а оставшиеся 3% приходятся на тепловые электростанции, использующие уголь. Несмотря на наличие около 300 малых ГЭС и потенциал строительства еще 600 аналогичных объектов, зависимость гидроэнергетики от уровня воды в реках делает ее работу сезонной. По предварительным оценкам, годовой потенциал малых ГЭС составляет 18 млрд кВт·ч, что сопоставимо с объемом производства электроэнергии в 2020 году (19,7 млрд кВт·ч).

Важность перехода на альтернативные источники подчеркивается и социальными факторами. Около 10% населения Таджикистана (почти миллион человек), преимущественно проживающего в труднодоступных горных районах, не имеют доступа к электричеству. Для решения этой проблемы целесообразно внедрение солнечных панелей и ветряных турбин. Однако высокие первоначальные затраты на оборудование и отсутствие государственной поддержки делают развитие возобновляемой энергетики ограниченным.

Хотя Таджикистан принял закон «Об использовании возобновляемых источников энергии» (2010) и утвердил ряд программ, направленных на строительство малых ГЭС (включая программу 2016–2020 гг.), основные проекты реализуются при поддержке международных грантов. Финансовые ограничения сельских жителей затрудняют самостоятельное внедрение технологий ВИЭ, что вынуждает их использовать биотопливо, включая дрова, для отопления и бытовых нужд.

Широкое использование древесины приводит к вырубке лесов, площадь которых за последние десятилетия сократилась с 20% до 3% территории страны, что ставит Таджикистан на последнее место по лесистости в Центральной Азии. Таким образом, развитие альтернативной энергетики становится важным элементом для решения экологических, экономических и социальных задач страны, включая лесовосстановление и обеспечение устойчивой энергосистемы [6].

### **Заключения**

Таджикистан имеет значительный потенциал для использования солнечной и ветровой энергетики, что способствует диверсификации энергетических ресурсов страны. Развитие возобновляемых источников энергии требует комплексного подхода, включающего создание инфраструктуры, нормативной базы и подготовку специалистов. Внедрение ВИЭ в отдалённых районах может существенно улучшить доступ к энергии и снизить зависимость от гидроэнергетики. Кроме того, переход на альтернативные источники энергии помогает решать экологические и социальные проблемы, такие как сокращение лесных ресурсов и обеспечение устойчивого энергоснабжения в труднодоступных районах.

## Литература

1. Central Asian Bureau for Analytical Reporting. Renewable Energy of Tajikistan. Why is it important for the country, but not a priority? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mewr.tj/> (дата обращения: 08.11.2024).
2. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.business.com/articles/the-impact-of-green-energy-on-the-economy/> (дата обращения: 07.11.2024).
3. Махсумов И. Б., Одинаев Н. Х., Давлатзода А. Н., Шокиров К. Ш. Методика расчёта мощности солнечной системы автономного типа на примере электроснабжения частного дома // Окружающая среда и энерговедение. – 2024. – № 2(22). – С. 79–97. DOI: 10.24412/2658-6703-2024-2-79-97.
4. ОАО "Памирская Энергетическая Компания" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pamirenergy.com/> (дата обращения: 07.11.2024).
5. Махсумов, И. Б. Разработка энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии для электроснабжения труднодоступных районов Республики Таджикистан с использованием термозащиты солнечных модулей: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы / Махсумов Илхом Бурхонович. – Душанбе, 2021. – 209 с.
6. Berestinov, A. A., Kirpichnikova, I. M., Kulganatov, A. Z. The Trend in the Development of Monitoring in the Field of Renewable Energy Sources Based on Internet of Things Technologies // 2024 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). – IEEE, 2024. – P. 646-651. – DOI: 10.1109/UralCon62137.2024.10719009.

## Автор:

к.т.н, заведующий кафедрой альтернативных источников энергии **Махсумов И.Б.**  
Институт энергетики Таджикистана (ИЭТ),  
735162, р-н Кушониён, п.г.т., Бохтариён, третье отделение, ул. Н. Хусрава, 73  
Телефон/факс: +992909222424  
E-mail: [makhsumovib@tpei.tj](mailto:makhsumovib@tpei.tj)

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК РАЗНОГО ТИПА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*Х.М. Шарифов, В.Е. Рудник*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

*М.М. Камолов*

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия

В статье рассматриваются основные характеристики и технические особенности разных типов ветроэнергетических установок. Оценивается их эффективность и надежность в условиях различных климатических и географических регионов. Особое внимание уделяется интеграции ветроэнергетических установок в существующие энергосистемы.

**Ключевые слова:** Ветроэнергетические установки, мощность, эффективность, надежность, возобновляемая энергия.

# ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF WIND ENERGY PLANTS OF DIFFERENT TYPES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

*Kh.M. Sharifov, V.E. Rudnik*

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

*M.M. Kamolov*

National Research University of Electronic Technology «MIET», Moscow, Russia

The article examines the main characteristics and technical features of different types of wind turbines. Their efficiency and reliability are assessed in different climatic and geographical regions. Particular attention is paid to the integration of wind turbines into existing power systems.

**Keywords:** Wind turbines, capacity, efficiency, reliability, renewable energy.

## **Введение**

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) перспективны для энергетики благодаря эффективной интеграции в инфраструктуру и работе при низких скоростях ветрах [1, 2]. Россия обладает потенциалом для их внедрения, но сталкивается с проблемами инфраструктуры и удаленности, получая поддержку государства через льготы и субсидии. Установки активно внедряются в странах с благоприятным климатом, таких как Китай, Индия и т.д., благодаря государственной поддержке и технологическим инвестициям. Снижение стоимости и технологические инновации делают установки конкурентоспособными с традиционными источниками энергии. Важна экологическая значимость в снижении выбросов и минимальном воздействии на среду. Успешное внедрение требует развития технологий хранения энергии и подготовки кадров, а также международного сотрудничества для обмена знаниями. Интеграция требует комплексного подхода для обеспечения роста ветроэнергетики и решения климатических и энергетических задач [3]. В современном мире требуется удовлетворение нужд в экологически чистой и возобновляемой энергии. ВЭУ становятся ключевыми благодаря повышенной мощности, эффективности и надежности, что облегчает их интеграцию в электроэнергетические сети, снижает издержки и способствует энергобезопасности [4, 5]. Россия, обладая территориальными и климатическими особенностями, может значительно увеличить долю возобновляемых источников в энергетическом балансе.

## **Типы ВЭУ**

*а) ВЭС 1 типа оборудована асинхронным генератором с короткозамкнутым ротором (см. рисунок 1). Эта система использует асинхронный генератор с постоянной скоростью, который подключён напрямую к электросети. Благодаря изменяемому скольжению, частота вращения может изменяться до 1%. Установка позволяет выбрать одну из двух номинальных скоростей с помощью системы изменения числа пар полюсов,*

что удобно при изменении скорости ветра. Для компенсации реактивной мощности, которая потребляется генератором, используются конденсаторные батареи. Основное преимущество этой системы заключается в её простой конструкции и невысокой стоимости. Однако недостатками являются потребление реактивной мощности, сложность редуктора, отсутствие контроля над скоростью вращения и вероятность перегрузок при резких изменениях силы ветра [6].

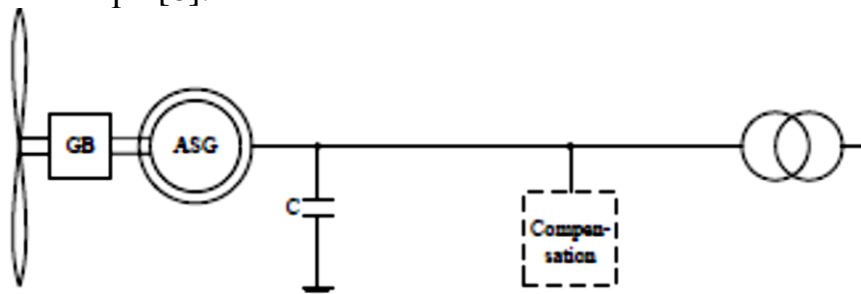


Рис. 1. Схема подключения ВЭС 1-го типа: на базе асинхронной машины с короткозамкнутым ротором

б) ВЭС 2 типа оснащена асинхронным генератором с фазным ротором (см. рис. 2). Генератор соединен с резистивными элементами и системой силовой электроники через контактные кольца, что позволяет регулировать ток в роторе и контролировать скольжение. Резисторы ограничивают максимальную скорость генератора при усилении ветра, подключая дополнительное сопротивление через управляемый переключатель. Данная конструкция обеспечивает широкий диапазон работы и снижает нагрузку на движущиеся части. Однако она имеет такие недостатки, как сложность конструкции генератора, дополнительные потери и необходимость охлаждения резисторов в роторе [6].

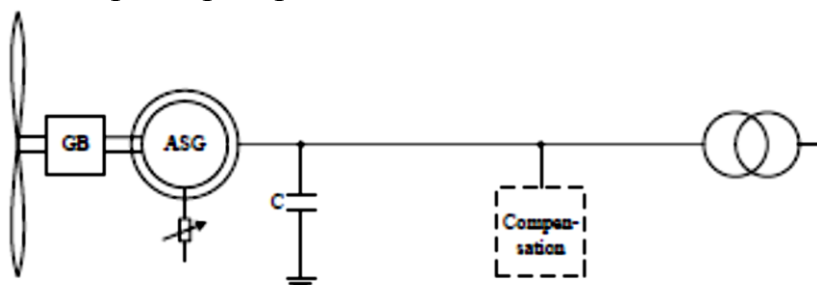


Рис. 2. Схема подключения ВЭС 2-го типа: на базе асинхронной машины с фазным ротором

в) ВЭУ 3 типа, использующая асинхронный генератор с фазным ротором двойного питания (рисунок 3), подключается к сети через повышающий трансформатор, а ротор через преобразователь напряжения, что позволяет регулировать частоту и амплитуду выходного напряжения. Такого рода ВЭУ имеют повышенный КПД благодаря передаче мощности через преобразователь с минимальными тепловыми потерями и участием редуктора. Их преимущества включают совместимость с сетью, способность управлять реактивной мощностью, снижение механических нагрузок и увеличение

эффективности. Однако сложная конструкция ротора, высокочастотные гармоники и использование редуктора добавляют веса, затрат и сложности в управлении, что сказывается на стоимости устройства [6].

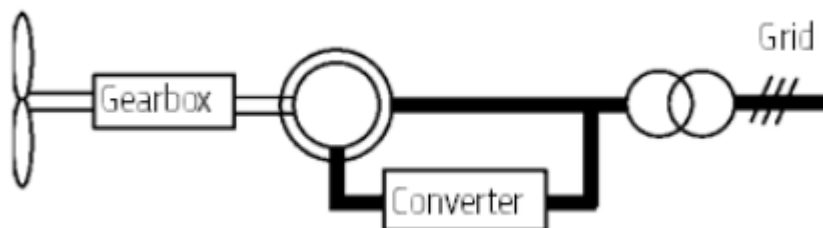


Рис. 3. Схема подключения ВЭС 3-го типа: на базе асинхронной машины двойного питания

г) *Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) четвертого типа, использующая синхронный генератор с постоянными магнитами (см. рисунок 4), не требует системы возбуждения, что упрощает её конструкцию и увеличивает надежность. Генератор напрямую соединен с турбиной без использования редуктора, а его статор подключен к сети через преобразователи, что позволяет работать с регулируемой угловой скоростью. При изменении скорости ветра частота напряжения генератора отличается от 50 Гц, поэтому напряжение сначала преобразуется в постоянное с помощью выпрямителя, а затем в переменное с фиксированной частотой через инвертор. Преимущества: высокий КПД, отсутствие редуктора, коллектора, щеток, системы возбуждения, надежность, экономичность обслуживания, низкий уровень шума, что положительно влияет на людей и животных [6].*

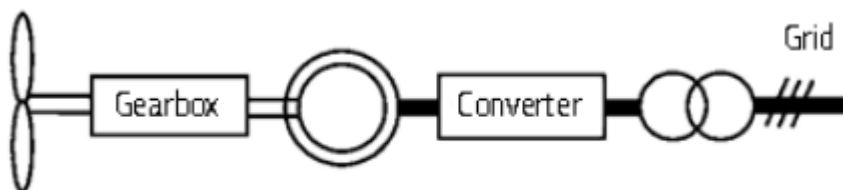


Рис. 4. Схема подключения ВЭС 4-го типа: на базе синхронной машины на постоянных магнитах

### **Проблемы внедрения ВЭС в России**

Проблема внедрения ветроэнергетических установок включает высокую стоимость производства и установки, требующую значительных финансовых вложений и развитой финансовой инфраструктуры. Также существует недостаток подходящей инфраструктуры и мест для размещения из-за специфических требований к условиям ветра. Технические препятствия возникают при интеграции в существующие электросети из-за различных стандартов и отсутствия унифицированных подходов. Международное сотрудничество и законодательное регулирование могут помочь в преодолении этих барьеров. Важно также учитывать экологические и

социальные аспекты использования ветроэнергии, несмотря на её экологические преимущества [7].

### **Выводы**

1. ВЭУ демонстрируют высокую эффективность при интеграции в существующие электроэнергетические системы, способствуя снижению зависимости от ископаемых источников энергии и уменьшению углеродных выбросов.

2. Внедрение ВЭУ требует учета их переменной природы генерации. Для обеспечения стабильности и надежности электроэнергетических систем необходимо развивать системы управления и хранения энергии, а также внедрять технологии предсказания ветровых ресурсов.

3. Будущее ветроэнергетики связано с дальнейшими инновациями в области технологий, таких как использование более эффективных и устойчивых материалов, а также разработка новых методов управления и оптимизации работы ВЭУ именно 4-го типа в условиях изменяющегося климата.

### **Литература**

1. Информационный бюллетень рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития. Ассоциация развития возобновляемой энергетики. [Электронный ресурс]. URL: <https://ireda.ru/bulletin> (дата обращения: 20.10.2024)

2. Разживин И.А., Рубан Н.Ю., Рудник В.Е., Гусев А.С. Оценка влияния ветроэлектростанций на изменение суммарной инерции электроэнергетической системы. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 2 (157). С. 220-234.

3. Илюшин П.В., Георгиевский И.Д. Методы повышения маневренности электростанций при увеличении доли ветровых и солнечных электростанций в составе региональных энергосистем. Обзор. Электрические станции. 2024. № 3 (1112). С. 2-10.

4. Щеглетов К.А. Экологическая безопасность и перспективы развития технологий использования энергии ветра. В сборнике: Наука молодых. сборник научных статей по материалам XII Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 276-284.

5. Generic Models and Model Validation for Wind and Solar PV Generation: Technical Update. EPRI, Palo Alto, CA: 2011, 1021763.

6. C. V. Hernandez, T. Telsnig, and A. V. Pradas. JRC Wind Energy Status Report 2016 Edition. Luxembourg: Publications Office of the European Union, Tech. Rep., 2017.

7. Денисов Р.С., Елистратов В.В., Гзенгер Ш. Ветроэнергетика в России: возможности, барьеры и перспективы развития. Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 23. № 2. С. 17-27.

### **Авторы:**

Магистрант **Шарифов Х.М.**,  
НИ ТПУ г. Томск.  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, дом 30.  
+7(926)706-40-99  
e-mail: [kms10@tpu.ru](mailto:kms10@tpu.ru)



Ст. преп. кафедры «Эт и Э» **Камолов М.М.**,  
НИУ «МИЭТ», Институт МПСУ,  
124498, Россия, Москва, Зеленоград, площадь Шокина, дом 1.  
Телефон: +79809475701  
E-mail: [kamolov.m\\_93@mail.ru](mailto:kamolov.m_93@mail.ru)

Ассистент ОЭЭ ИШЭ, к.т.н., **Рудник В.Е.**  
НИ ТПУ г. Томск.  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, дом 30.  
8 (3822) 70-17-77 (вн. 1965)  
e-mail: [ver3@tpu.ru](mailto:ver3@tpu.ru)

## СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

### ВЫБОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОРУДНЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*М.Б. Инояттов, С.А. Абдулкеримов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

Для обеспечения безопасности и надежности эксплуатации электрооборудования электрических сетей промышленных предприятий, горнорудных и тоннельных комплексов необходимо знать и контролировать многие факторы, в том числе и состояние уровня изоляции электрических сетей.

**Ключевые слова:** электрические сети, уровень изоляции, методы измерения.

### SELECTION OF METHODS FOR MEASURING INSULATION PARAMETERS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF MINING AND TUNNEL COMPLEXES

*S.A. Abdulkerimov, M.B. Inoztov*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

To ensure the safety and reliability of operation of electrical equipment of electrical networks of industrial enterprises, mining and tunnel complexes, it is necessary to know and control many factors, including the state of the insulation level of electrical networks.

**Key words:** electrical networks, insulation level, measurement methods.

#### **Общие положения**

Для оценки степени безопасности эксплуатации электрических сетей напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью силового трансформатора и для создания рациональных средств защиты от токов утечки необходимо изучать и контролировать состояние изоляции электрических сетей и электроустановок промышленных предприятий горнорудных и тоннельных комплексов. Знание величин сопротивления изоляции сети дает возможность оценить величины токов однофазного замыкания на землю, которые необходимы для расчетов уставок релейной защиты, дугогасящих аппаратов, заземляющих устройств и т.п.

Следует отметить, что существует очень много методов измерения сопротивления изоляции электрических сетей напряжением выше 1000 В, учитывая накопленный опыт электрометрии в практике эксплуатации электрических сетей и электроустановок, которые можно разделить следующим образом:

1. Методы измерения параметров изоляции электроустановок при отсутствии рабочего напряжения.

Эти методы в свою очередь подразделяются на следующие группы:

- а) методы измерения полного сопротивления изоляции сети;
- б) методы измерения омического сопротивления изоляции сети.

2. Методы измерения параметров изоляции электроустановок при нормальных условиях эксплуатации, т.е. без снятия рабочего напряжения.

К ним относятся:

- а) методы измерения полного сопротивления изоляции сети;
- б) методы измерения омического сопротивления;
- в) методы измерения емкостного сопротивления.

Однако, методы измерения параметров изоляции, требующие отключения рабочего напряжения, целесообразно исключить из рассмотрения, так как правильное представление о состоянии изоляции сети и отдельных электроприемников с точки зрения безопасной их эксплуатации может быть получено лишь в том случае, если параметры изоляции данной сети измерены в нормальных эксплуатационных условиях, т.е. при рабочем напряжении и при включенных токоприемниках.

Необходимо отметить, что в работающей сети, т.е. в сети, находящейся под напряжением и притом с включенными приемниками энергии, возможно измерение сопротивления изоляции сети только относительно земли. Измерение сопротивления изоляции проводов различных фаз друг относительно друга невозможно, поскольку эти сопротивления шунтируются сопротивлениями обмоток питающего трансформатора и потребителей.

### **Методика исследования состояния изоляции и токов замыкания на землю промышленных предприятий горнорудных и тоннельных комплексов и карьерных электрических сетях**

Исследование состояния изоляции карьерных электрических сетей должны проводиться на действующем электрооборудовании, вследствие чего к методам исследования предъявляются повышенные требования с точки зрения сохранения нормального режима эксплуатации сетей при достаточной точности измерений. Эти требования можно сформулировать следующим образом:

- 1) измерения должны проводиться без перерывов электроснабжения потребителей;
- 2) процесс измерения не должен вызывать повреждений изоляции электрических сетей и аварий с электрооборудованием;
- 3) измерения должны быть безопасными как для исследователей, так и для персонала, обслуживающего электроустановки.

Напряжение фазы относительно земли в сетях с изолированной нейтралью выражается формулой:

$$\dot{U}_0 = \frac{\dot{U}_{BA} \cdot Y_2 - \dot{U}_{AC} \cdot Y_3}{Y_0} = \frac{\dot{I}_0}{Y_0}; \quad (1)$$

где,  $\dot{U}_{BA}$  и  $\dot{U}_{AC}$  – линейные напряжения;  $Y_0 = Y_1 + Y_2 + Y_3$  – суммарная проводимость изоляции всех фаз по отношению к земле;  $\dot{I}_0$  – ток однофазного замыкания на землю.

При симметричной проводимости изоляции сети напряжение фазы относительно земли равно фазному напряжению, т.е.

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_\phi. \quad (2)$$

Таким образом, определение полной проводимости изоляции сводятся к определению тока однофазного замыкания на землю.

Величину тока однофазного замыкания на землю можно получить одним из следующих способов:

- а) непосредственным измерением при искусственном замыкании фазы на землю;
- б) косвенным методом измерения при замыкании фазы на землю через дугогасящую катушку или активное сопротивление;
- в) косвенным методом измерения путем искусственного смещения нейтрали системы;
- г) методом искусственной нулевой точки.

*1. Метод прямого замыкания фазы сети на землю.* Суть метода заключается в том, что на одной из отключенных линий за выключателем одна фаза замыкается на землю (точнее на контур заземления) через трансформатор тока. Затем выключатель этой линии включается и производится измерение тока замыкания по амперметру, включенному во вторичную обмотку трансформатора тока. Так как при этом не исключена возможность появления второго замыкания на другой фазе сети, следует принимать меры предосторожности, а именно: выключатель линии, на которой производится искусственное замыкание, должен быть оборудован максимальной токовой защитой без выдержки времени; заземляющий провод и трансформатор тока должны быть рассчитаны на протекание тока двухфазного короткого замыкания. При хорошем состоянии электрических сетей и кратковременности проведения эксперимента вероятность появления второго замыкания достаточно мала. Поэтому данный способ не представляет опасности при соблюдении вышеуказанных предосторожностей.

Описанный метод разработан на кафедре «Электрификации горных предприятий» Московского горного института и в течение ряда лет успешно применяется [2]. Схема измерения приведена на рис. 1.

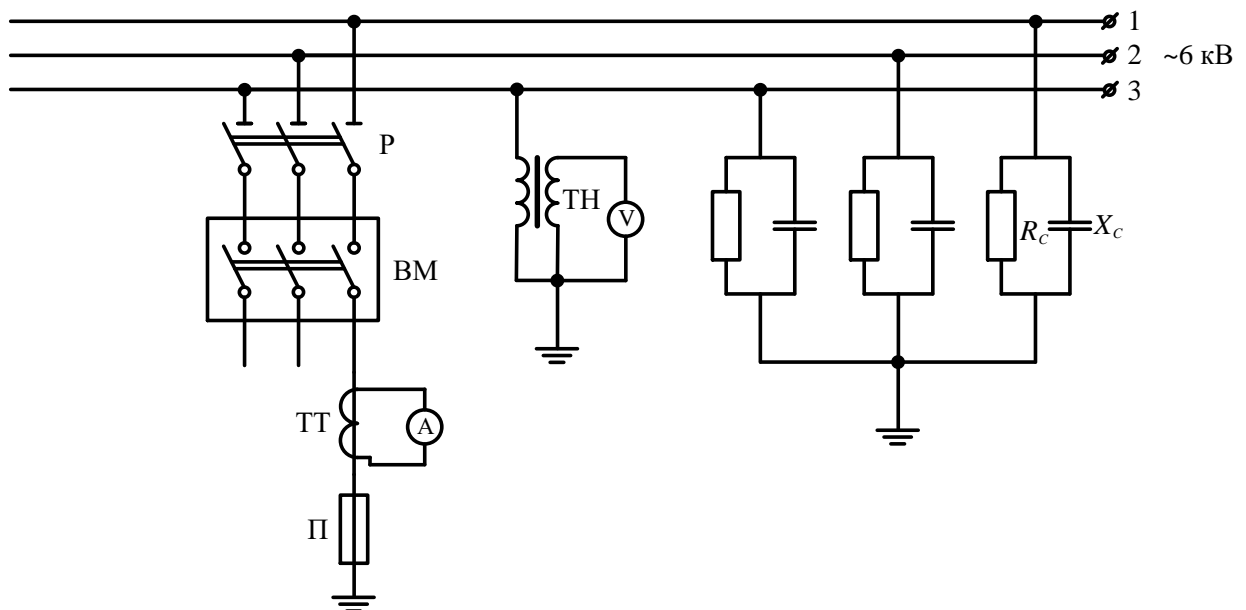


Рис. 1. Схема метода прямого замыкания на землю

2. *Косвенные методы измерения тока при замыкании фазы на землю через дугогасящую катушку или активное сопротивление.* При измерении данным способом одна из фаз системы замыкается на землю через дроссельную катушку. Величина смещения нейтрали после включения дроссельной катушки измеряется вольтметром, включенным между землей и нулевой точкой трансформатора напряжения. Схема измерения приведена на рис. 2. Ток замыкания на землю определяется из выражения:

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{др} \cdot \frac{\dot{U}_\Phi}{\dot{U}_0}; \quad (3)$$

где,  $\dot{I}_{др}$  – ток, протекающий через дроссельную катушку;  $\dot{U}_\Phi$  – фазное напряжение сети;  $\dot{U}_0$  – напряжение, смещение нейтрали, вызванное включением дроссельной катушки.

Если потенциал нейтрали системы не равен нулю, то дроссельную катушку включают поочередно к каждой фазе сети и берут среднее значение напряжений смещения нейтрали, замеренных при очередном включении катушки. В этом случае

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{др} \cdot \frac{\dot{U}_\Phi}{\dot{U}_{0cp}}; \quad (4)$$

где,  $\dot{U}_{0cp} = \frac{\dot{U}_{01} + \dot{U}_{02} + \dot{U}_{03}}{3}$ .

Этот метод дает допустимую для практических целей погрешность, не превышающую 5 %.

При больших токах замыкания на землю (десятки ампер) вместо дроссельной катушки следует включать активное сопротивление.

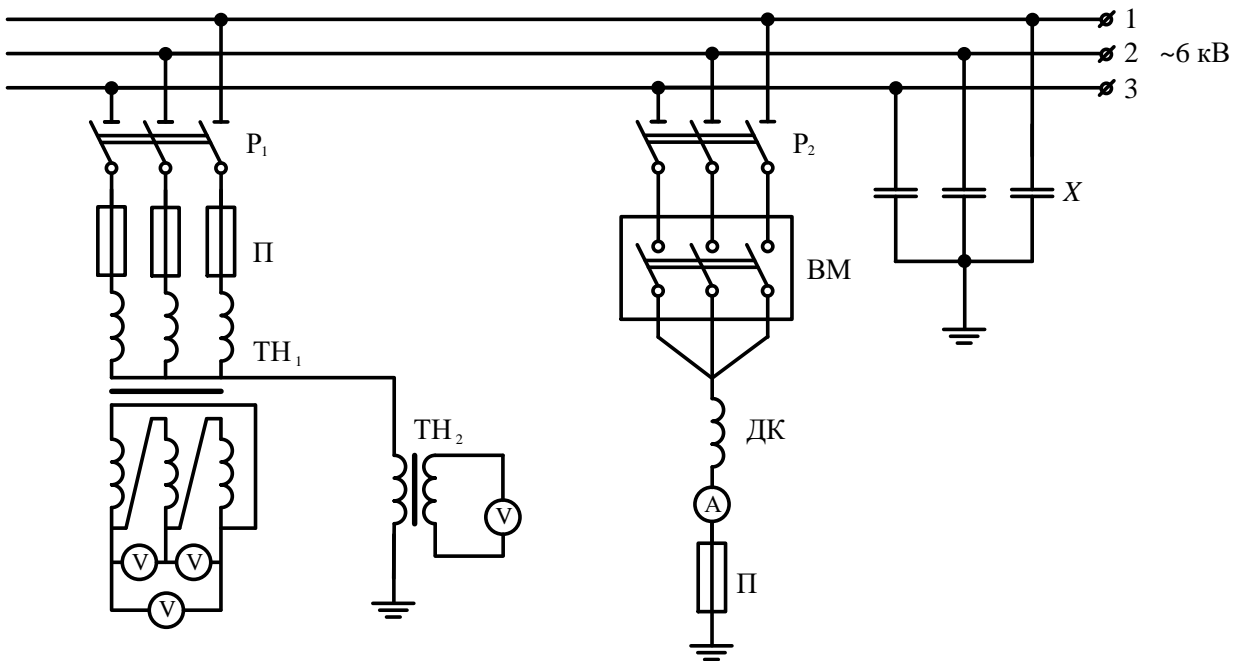


Рис. 2. Схема измерения токов замыкания на землю через дросельную катушку

3. *Косвенный метод измерения тока путем искусственного смещения нейтрали системы.* Напряжение смещения нейтрали выбирается такое чтобы можно было обеспечить измерения тока замыкания. Номинальный ток вспомогательного трансформатора должен соответствовать ожидаемому току замыкания на землю при выбранном напряжении смещения нейтрали. Определение тока замыкания на землю при измерении этим методом производится по формуле:

$$I_3 = I_{\text{изм}} \cdot \frac{\dot{U}_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot \dot{U}_{\text{см}}}; \quad (5)$$

где,  $\dot{U}_{\text{л}}$  – линейное напряжение сети;  $\dot{U}_{\text{см}}$  – напряжение смещения нейтрали при измерении;  $\dot{I}_{\text{изм}}$  – ток, измеренный амперметром.

4. *Метод искусственной нулевой точки.* Метод искусственной нулевой точки, или иначе, метод наложения оперативного переменного тока на рабочую сеть, заключается в том, что параллельно сети включается фильтр нулевой последовательности, составленный из трех конденсаторов на рабочее напряжение, равное линейному напряжению сети. Для большей точности измерения емкость каждого конденсатора должна быть равна или больше емкости фазы сети по отношению к земле, т.е.  $C_{\text{с}} \leq C_{\text{к}}$ .

Между нулевой точкой фильтра и землей подается смещающее напряжение  $U_{\text{изм}}$  от отдельного трансформатора. Схема измерения показана на рис. 3. Емкостное сопротивление:

$$X_{\text{с}} = \frac{U_{\text{изм}}}{I_{\text{изм}}} = \frac{1}{\omega \cdot C_{\text{к}}}, \quad (6)$$

где,  $I_{\text{изм}}$  – измеряемый ток;  $C_{\text{к}}$  – емкость одного конденсатора фильтра.

Ток замыкания определяется выражением:

$$i_3 = \frac{\dot{U}_\Phi}{X_C}; \quad (7)$$

Поскольку карьерные и тоннельные электрические сети обладают значительными емкостями, то с достаточной степенью точности для них можно принять, что  $X_C \leq Z_C$ .

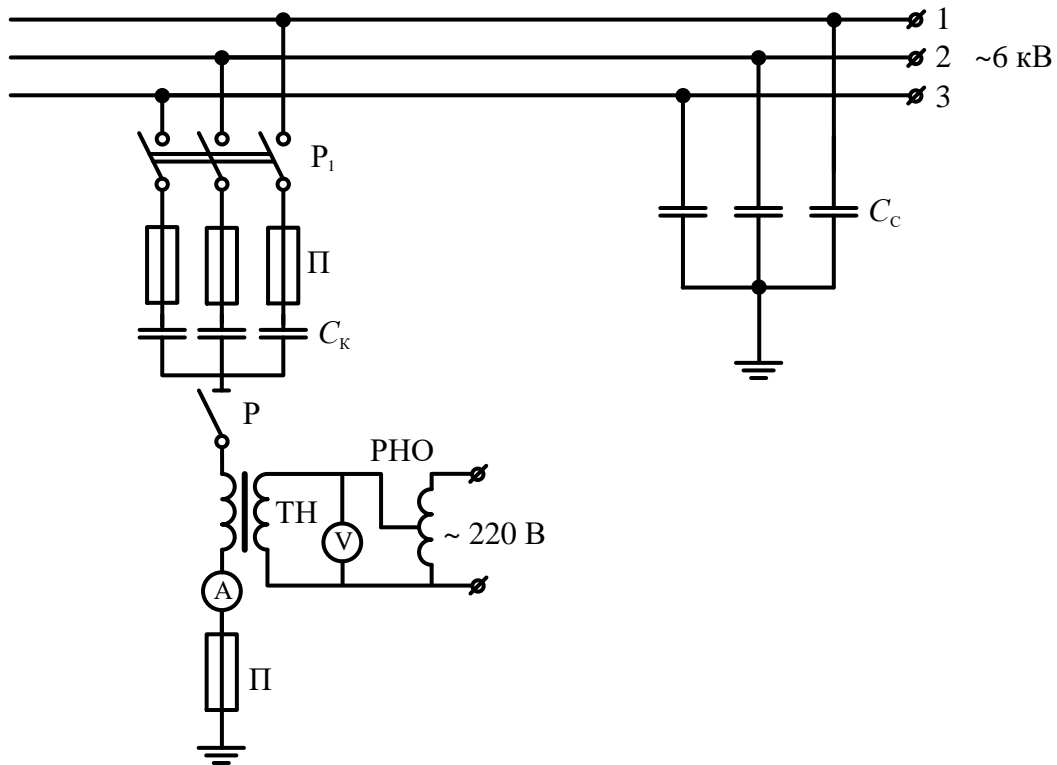


Рис. 3. Схема метода наложения оперативного переменного тока на рабочую сеть

### Заключение

Поскольку все измерения должны производиться в производственных условиях, непосредственно в разрезах т на подстанциях, то необходимо, чтобы они сочетали в себе простоту их выполнения с достаточной точностью и не вызывали бы простоев оборудования.

Некоторые из перечисленных методов требуют для проведения экспериментов большого количества приборов и оборудования, а для некоторых необходимо иметь на подстанции трансформатор с выведенным нулем на стороне 6 кВ, что не всегда осуществимо.

Учитывая это, целесообразно использовать методы измерения сопротивления изоляции без снятия рабочего напряжения, требующие к тому же минимального количества приборов аппаратуры и рекомендуются метод прямого замыкания фазы сети на землю и метод наложения оперативного переменного тока на рабочую сеть.

## Литература

1. Лачин В.И. Методы и устройства измерения сопротивления изоляции электроэнергетических объектов и их классификация / В.И. Лачин, Нгуен Куок Уи, К.Ю. Соломенцев, И.Г. Балабан / Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. № 1. – С. 84-89.
2. Щуцкий В.И. Влияние сопротивления заземления на работоспособность устройств защиты от однофазных замыканий на землю // Изв. вузов. Горный журнал. — 1987. — №10. — С. 53-45.
3. Щуцкий В.И., Васильев И.Е. Исследование параметров электрических сетей напряжением выше 1 кВ открытых горных разработок в установившемся и переходном режимах однофазного замыкания на землю. Энергетика, 1968, №9. – С. 7-11.
4. Петров Г.М. Работа устройств защитного отключения в карьерных электрических сетях напряжением 6–10 кв с малыми токами замыкания на землю // Петров Г.М. Доклад на симпозиуме «Неделя горняка – 2001» МОСКВА, МГГУ, 29 января – 2 февраля 2001 г. – С. 20 - 22

### Авторы:

к.т.н., профессор **Иноятов М.Б.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992904311111

к.т.н., доцент **Абдулкеримов С.А.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +74953627910  
E-mail: top.df.mpei@ya.ru



# ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ

*М.Б. Инояттов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

*Б.Д. Инояттов*

ООО «ИнтСис», Москва, Россия

В статье приведены современные требования к существующим и перспективным программно-техническим комплексам. Показана статистика и экономические эффекты при внедрении систем SCADA, EMS, DMS и OMS в энергетических компаниях мира и представление объектов электроэнергетики с использованием геоинформационной системы.

**Ключевые слова:** программно-технический комплекс, распределительные сети.

## IMPLEMENTATION OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEXES FOR OPERATIONAL AND TECHNICAL MANAGEMENT OF DISTRIBUTION NETWORKS

*M.B. Inoztov*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

*B.D. Inoyatov*

LLC «IntSis», Moscow, Russia

The article presents modern requirements for existing and promising software and hardware complexes. The statistics and economic effects of the introduction of SCADA, EMS, DMS and OMS systems in the world's energy companies and the representation of electric power facilities using a geoinformation system are shown.

**Keywords:** software and hardware complex, distribution networks

### **Введение**

Электросетевая инфраструктура городов и районов Республики Таджикистан нуждается в реконструкции основного электрооборудования (ЭО), но продолжает эксплуатироваться, так как требуются большие финансовые средства на его замену. С каждым годом возрастают затраты на проведение комплексных обследований и диагностики. Текущие инвестиционные затраты на обновление парка силового оборудования не способны решить проблему роста уровня энергетических потерь в распределительных сетях, числа технологических нарушений на энергообъектах. Однако основные задачи городских электрических сетей остаются прежними: управление режимами работы сетей, оперативное устранение аварий и восстановление электроснабжения потребителей. [1,2,3].

Для выполнения плановых работ и устранения аварийных ситуаций необходимо координировать действия мобильных бригад, персонала городских сетей, организаций потребителей, подрядных организаций, городских служб, а также персонала центров питания электрической сети и согласовывать их с вышестоящими диспетчерскими службами.

Комплексный подход к решению проблем электросетевых компаний предполагает развитие информационной и IT-инфраструктуры и внедрение полнофункционального программно-технических комплексов (ПТК) SCADA/DMS/OMS на основе единого информационного обеспечения с интеграцией данных разных программных комплексов.

### **Современные требования к программно-техническим комплексам**

Важной особенностью разрабатываемых ПТК в электроэнергетической области является введение информационной модели и объединение синхронизированных между собой систем на базе единой информационной платформы с единым пользовательским интерфейсом [4,5,6].

1. ПТК SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition) решает базовые задачи оперативно-диспетчерского управления: мониторинг оперативного состояния сети, который включает систему сбора и передачи данных, отображение телеизмерений (ТИ), телесигналов (ТС) и аварийно-предупредительной сигнализации на схемах электрических сетей и подстанций, выполнение оперативных переключений и телеуправление;

2. EMS/ DMS (Distribution/Energy Management System) оценивание состояние электрической сети по данными ТИ, расчет установившегося режима и токов КЗ, оптимизация режимов и расчет потерь мощности, возможность моделирования работы электрической сети, прогноз потребления, краткосрочного планирования режимов работы и долгосрочного планирования развития сети, получение информационной интеллектуальной поддержки при принятии решения о создании схемы после-аварийного режима (советчик диспетчера);

3. OMS (Outage Management System) автоматизация процессов управления плановыми и аварийными отключениями в электрических сетях, прием и анализ звонков потребителей, координация действий мобильных бригад, анализ технического состояния отключенного оборудования;

Геоинформационная система (ГИС) облегчает анализ аварийных ситуаций в электроэнергетике, предоставляя наглядное представление расположения энергообъектов на карте: линий электропередач, опор, трансформаторных подстанций, потребителей и мобильных бригад (см. рисунки 1-3) [5].

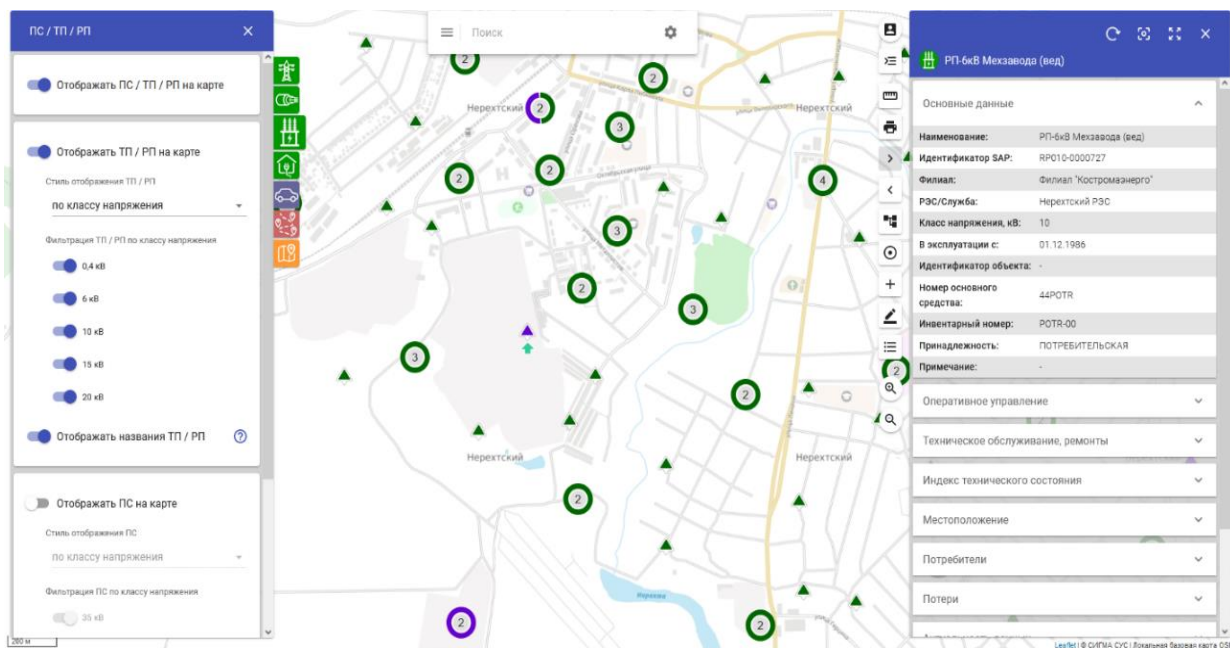


Рис. 1. Отображение ТП/РП и ВЛ/КЛ на карте ГИС

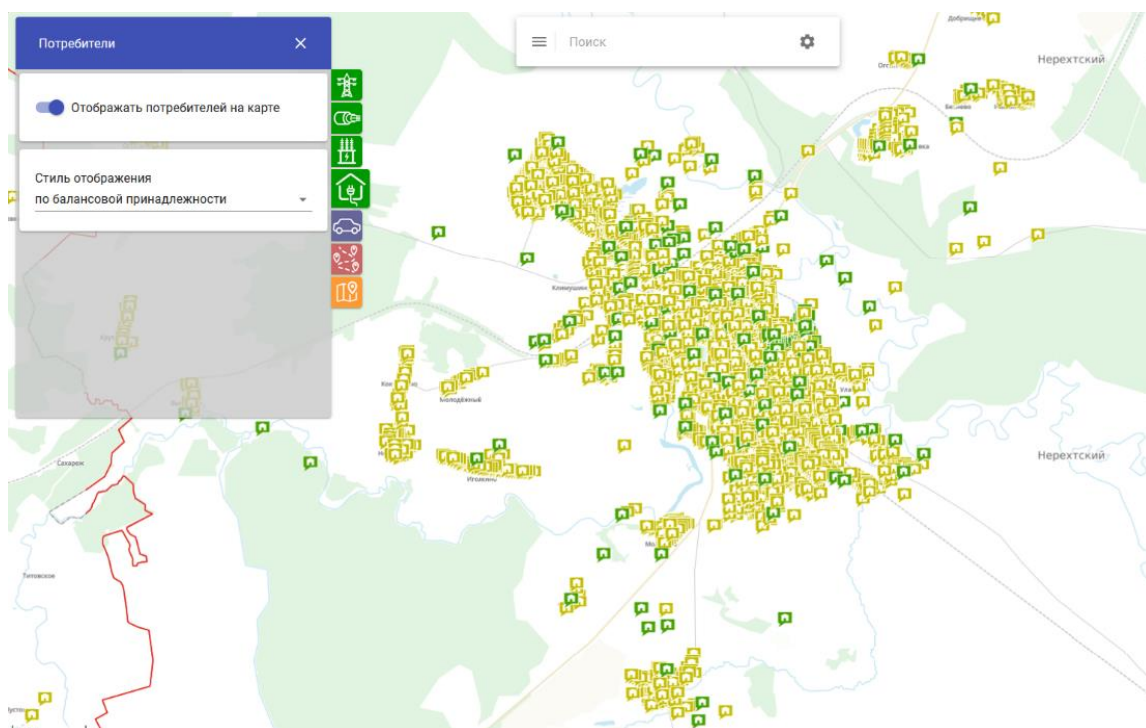


Рис. 2. Отображение потребителей на карте ГИС

Компания «Newton-Evans» опубликовала результаты исследования, посвящённого использованию различных систем ПТК в 31 компании из 25 стран. Согласно результатам опроса, SCADA-системы эксплуатируют все компании, в то время как систему управления энергопотреблением (EMS) есть только в 74% опрошенных компаний. Системы управления распределительными сетями (DMS) используются в 52% компаний, а системы управления отключениями (OMS) — 62% [7].

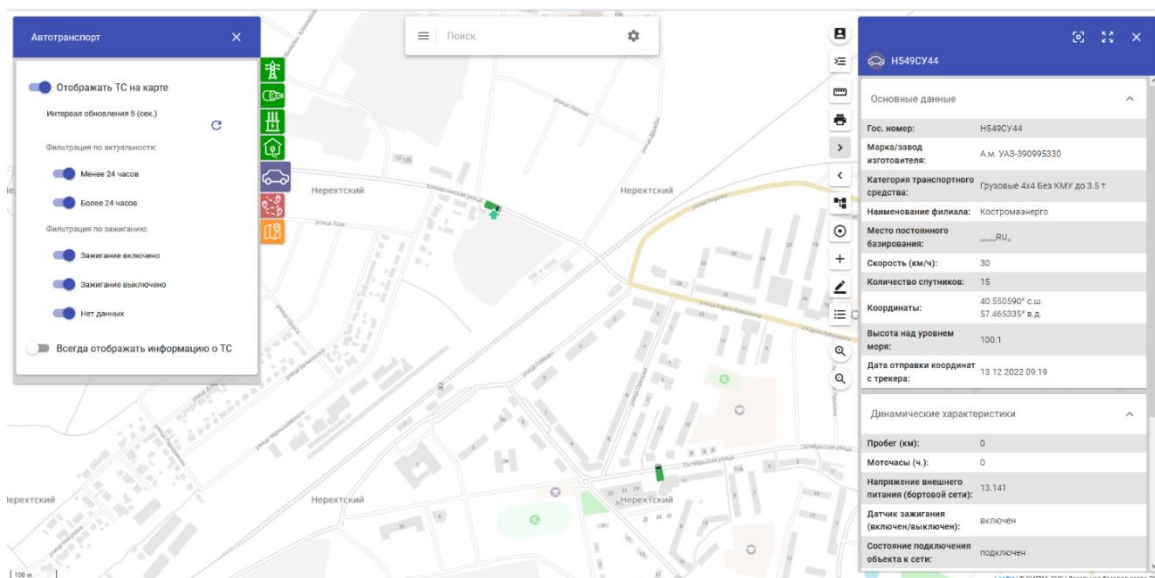


Рис. 3. Отображение мобильных бригад на карте ГИС

### Статистика внедрения систем SCADA, EMS, DMS и OMS в энергетических компаниях мира

Согласно опросу, почти 2/3 опрошенных компаний планируют обновить свои SCADA-системы, 29% планируют ввести в эксплуатацию новые системы EMS и DMS [7].

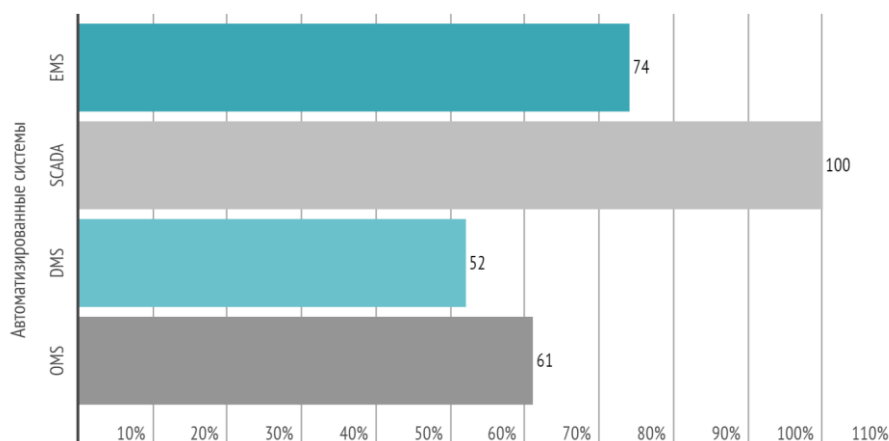


Рис.4. Применения ПТК по результатам исследования

Согласно опросу, почти 2/3 опрошенных компаний планируют обновить свои SCADA-системы, 29% планируют ввести в эксплуатацию новые системы EMS и DMS [7].

Исследовательский центр «Gartner» определил несколько ведущих компаний, которые предлагают решения в области информационных систем управления в электроэнергетике: Siemens, GE Energy и Oracle, Alstom Grid, Schneider Electric (Telvent). С точки зрения применяемого оборудования уверенно лидирует компания GE (включая Alstom Grid), следом идут ABB и Siemens [5].

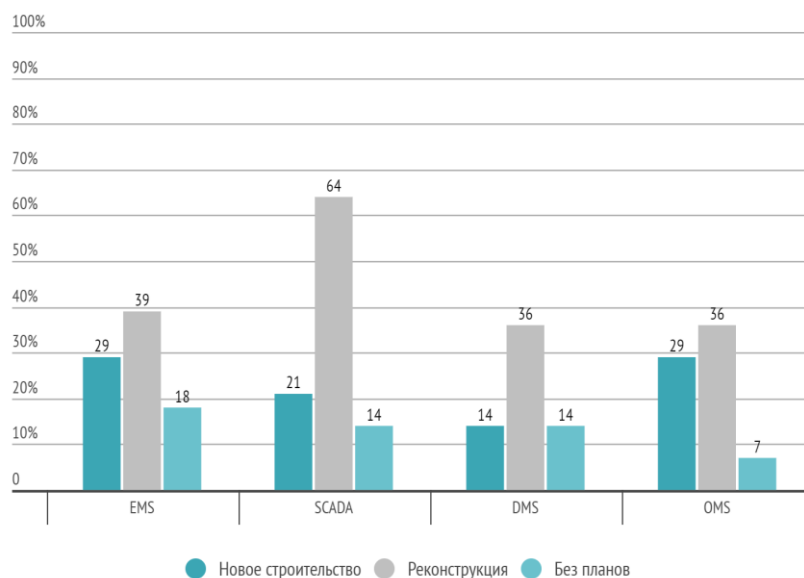


Рис. 5. Планы по введению новых систем SCADA, EMS, DMS и OMS

В рамках российского рынка основными ПТК АСТУ, применяемые в сетевых компаниях России, являются: ОИК Диспетчер, СК-11, PSI Control, Децима, GE ENMAC. Эти системы в основном внедрены в магистральные электрические сети. Но в последние годы программные продукты ПК «СК-11» и ПК «Сигма СУС» активно внедряются в распределительные сети. Они зарекомендовали себя как лидеры в автоматизации процессов оперативно-технологического управления сетевыми компаниями России [4, 5].

### **Экономические эффекты от внедрения функций ПТК SCADA/DMS/OMS**

В работе [6] были рассчитаны основные экономические эффекты от внедрения функций SCADA, OMS, DMS в распределительных сетях 6-10 кВ. На рисунке 6 показаны гистограммы рассчитанных экономических эффектов при внедрении последовательно функций SCADA, затем OMS и DMS. Как видно из рисунка 6 наибольший экономический эффект достигается при внедрении полнофункционального комплекса SCADA, OMS, DMS.

#### **Выводы**

1. Для оптимального использования, существующего парка электрооборудования, снижения уровня энергетических и технологических нарушений необходимо развивать информационную и IT-инфраструктуру и внедрять полнофункциональный программно-технический комплекс SCADA/DMS/OMS.

2. Разрабатываемые программно-технические комплексы SCADA/DMS/OMS должны быть синхронизированы между собой и интегрированы в единую информационную платформу с унифицированным пользовательским интерфейсом.

3. Для оперативной оценки ситуации требуется просмотр и позиционирование сетевых объектов на карте местности с помощью ГИС.

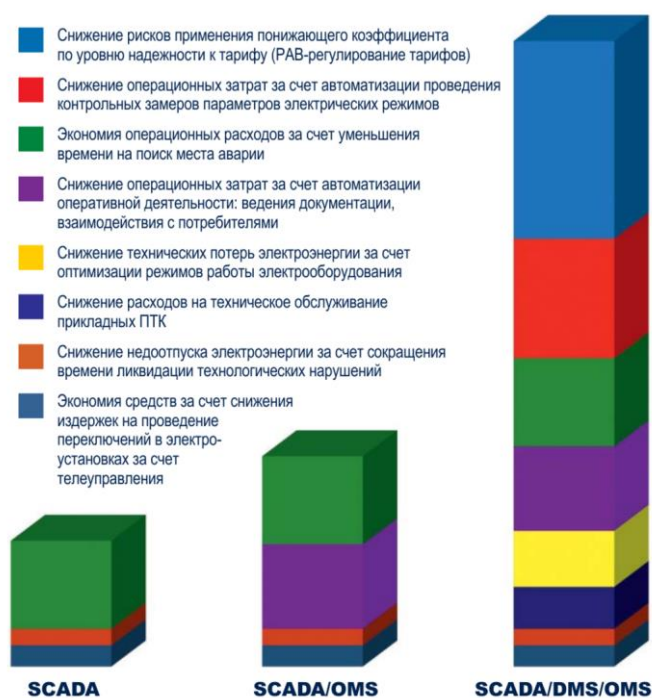


Рис. 6. Экономические эффекты от внедрения функций ПТК SCADA/DMS/OMS

## Литература

1. Инояттов Б.Д. Разработка методики оценки состояния электрооборудования распределительных электрических сетей по результатам контроля качества электроэнергии: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Инояттов Бехруз Джамшедович. – М. 2019. – 20 с.
2. Tulsy V. N., Inoyatov B. J., Dzhuraev S. D., Tolba M. A. Study and Analysis of Power Quality of Electric Power System. Case Study: Republic of Tajikistan// IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), St. Petersburg, Russia, 2018, pp. 827 – 833.
3. Информация за 2015-2016 года ОАО «Душанбинские городские электрические сети» (Дата обращения 08.08.2016).
4. Гаврилова Н.И. Разработка информационно-управляющей модели цифрового района электрических сетей // СТУПЕНИ РОСТА – 2022, Материалы 74-й межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых. Сост. и отв. редактор Л.А. Исакова. Кострома, 2022.
5. Гаврилова Н.И. Совершенствование расчетно-аналитических систем управления режимами объектов цифрового района электрических сетей: Выпускная квалификационная работа - Кострома: КГУ 2023 г.-85с.
6. Лукинов В.В., Ракитин К.Н., Дорофеев А.М., Сипачев К.Е., Дичина О.В. Развитие автоматизированных систем технологического управления для оперативно-технического и ситуационного управления электросетевым комплексом МКС //ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. 2017. №5(44). С. 56 – 60.
7. Официальный сайт исследовательской компания «Newton-Evans» [электронный ресурс]. – URL:<https://www.newton-evans.com>.

## **Авторы:**

к.т.н., профессор **Инояттов М.Б.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992904311111

к.т.н., ведущий инженер, Инояттов Б.Д.  
Департамент решений АСТУ ООО «ИнтСис»  
117105, Варшавское ш., д.9, стр. 1 Территория «Даниловской мануфактуры», корп.  
«Литейка» г. Москва, Россия  
Телефон/факс: +79261672344  
E-mail: inoyatovbd@mail.ru

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ РАСЩЕПЛЕННОЙ ФАЗЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

*Д.И. Баранова, Т.И. Дубровская, В.С. Петров*

Филиал национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске,  
город Смоленск, Россия

Исследование с помощью ЭВМ влияния геометрических размеров расщепленной фазы на максимальную напряженность электрического поля на поверхности проводов воздушной линии электропередачи сверхвысокого напряжения (ВЛ СВН), а также, – на погонные параметры линии.

**Ключевые слова:** линии электропередачи, расщепленная фаза, напряженность электрического поля.

## **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE SPLIT PHASE SIZE ON THE PARAMETERS OF ULTRA-HIGH VOLTAGE POWER TRANSMISSION LINES**

*Baranova D.I., T.I. Dubrovskaya, V.S. Petrov*

Branch of the National Research University "MEI" in Smolensk

Computer-assisted investigation of the effect of the geometric dimensions of the split phase on the maximum electric field strength on the surface of the wires of an overhead ultrahigh voltage power transmission line (VL UHV), as well as on the linear parameters of the line.

**Key words:** power transmission lines, split phase, electric field strength.

На линиях СВН при горизонтальном расположении фаз на опоре возникают большие потери мощности на коронирование проводов и большие напряженности поля. При расчётах усиление напряженности поля учитывается соответствующим коэффициентом  $K_u$ . Для уменьшения потерь на корону применяют расщепление фаз: т.е. фаза состоит из нескольких проводов, расположенных по окружности (классический подход) (рис. 1).

Целью исследования было: определить основные параметры расщепленной фазы и ВЛ СВН в целом, включая максимальную напряженность поля ( $E_{\max}^c$ ) на примере ВЛ 500 кВ.

Рассмотрены пять вариантов фаз расщепления проводов: 2x750; 3x500; 4x400; 5x300; 6x240, параметры которых приведены в [1].

Взяты разные марки проводов так, чтобы общее сечение фазы было близко к 1500 мм<sup>2</sup>.

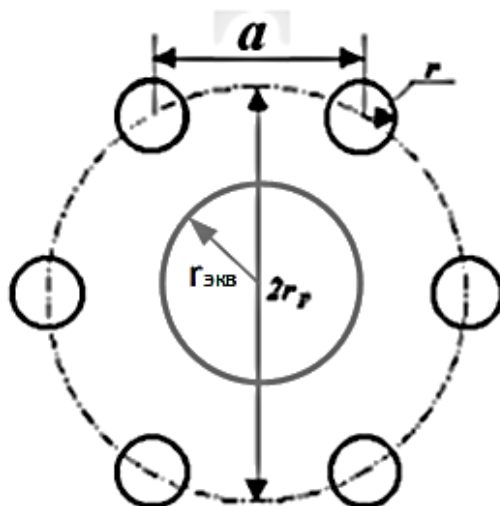


Рис. 1. Конструкция фазы,  $a$  - «шаг» расщепления

Исследования проводились с помощью, разработанной на кафедре Электроэнергетических систем, программы для ЭВМ, структурная схема которой представлена на рис. 2.

Структурная схема программы содержит основные формулы для определения параметров ВЛ СВН в том числе и  $E_{\max}^c$ .

Оптимальному расстоянию между проводами фазы соответствует наименьшая максимальная напряженность ( $E_{\max}^c$ ), которая рассчитывается при вариации шага расщепления в пределах 10÷80 см, для всех предложенных вариантов (таблица 1).

Таблица 1

Результаты расчета  $E_{\max}^c$

$E_{\max}^c$ , кВ/см \ $a$ , см	10	20	30	40	50	60	70	80
2xAC 750/93	26,7	24,5	24,1	24,1	24,2	24,4	24,5	24,7
3xAC 500/64	25,3	22,8	22,4	22,4	22,6	22,8	23,1	23,4
4xAC 400/51	22,7	20,5	20,2	20,3	20,6	20,9	21,3	21,6
5xAC 300/39	21,3	19,5	19,4	19,7	20,0	20,5	20,9	21,3
6xAC 240/32	20,0	18,6	18,7	19,1	19,53	20,0	20,5	21,0

По результатам расчета построены кривые зависимости  $E_{\max}^c=f(a)$  (рис. 3).



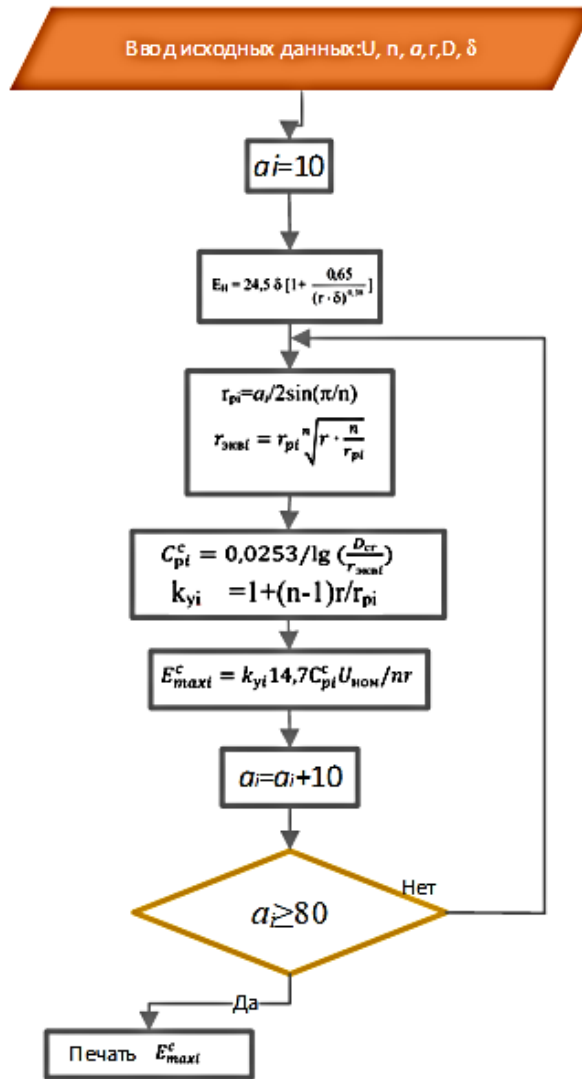


Рис. 2. Структурная схема программы расчета  $E_{max}^c$ .

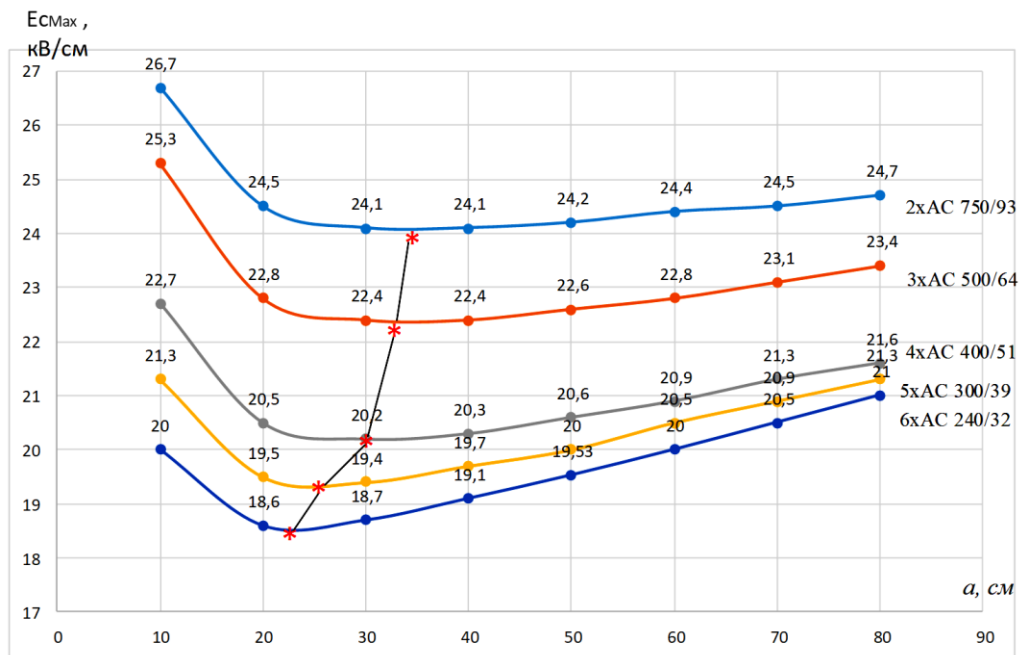


Рис. 3. Зависимость  $E_{max}^c = f(a)$ .

При увеличении числа проводов минимальные значения напряженности  $E_{\max}^c$  снижаются, экстремальные точки смещаются в сторону меньших значений «шага» расщепления. С увеличением шага «а» для 4, 5 и 6 проводов зависимости сближаются, так что при  $a=80$  см отличие значений  $E_{\max}^c$  составляет 1,4%.

Точки минимума, определены графическим способом. Рассчитанные погонные и волновые параметры линий СВН для оптимального шага расщепления, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры ВЛ СВН 500 кВ при  $a_{opt}$

Фаза \ параметры	2×АС 750/93	3×АС 500/64	4×АС 400/51	5×АС 300/39	6×АС 240/32
$a_{opt}$ , см	35	34	30	26,5	22,5
$E_{\max}^c$ , кВ/см	24,0	22,3	20,2	19,4	18,5
$r_p$ , см	17,5	19,63	21,2	22,54	22,5
$r_{эк}$ , см	8,12	12,09	15,14	17,3	18,28
$x_0$ , Ом/км.	0,336	0,308	0,293	0,284	0,281
$b_0 \cdot 10^{-6}$ , 1/Ом · км	3,340	3,616	3,792	3,905	3,954
$z_0$ , Ом	317,2	291,8	278	269,2	266,5
$P_0$ , МВт	788	856	899	929	938
$P_0$ , %	92	100	105	108,5	109,6

С увеличением числа проводов погонные параметры ВЛ СВН изменяются:  $z_0$  уменьшается,  $P_0$ - увеличивается. Прирост  $P_0$  составляет 3,5% с увеличением  $n$  от 4 до 5 и только 1,1% - от 5 к 6 проводам, если принять за 100% натуральную мощность при  $n=3$ .

Длительно допустимое напряжение ( $U_{дл}$ ) для ВЛ является техническим ограничением. На ВЛ 500 кВ необходимо исключать коронирование проводов и уменьшать радиопомехи.  $U_{дл}$  в долях от номинального определяется по [2]:

$$U_{* \text{ Дл}} = 0,9 \cdot m \cdot E_n / E_{\max}^c,$$

где,  $E_n$  - начальная напряженность короны, кВ/см;  $m$ – коэффициент гладкости.

В таблицу 3 сведены результаты расчетов. Длительно допустимое напряжение существенно превышает наибольшее рабочее напряжение электрических аппаратов класса 500 кВ ( $\dot{U}_{нбр}=1,05$ ).

Таблица 3

Длительно допустимое напряжение

Конструкции фаз	2×АС 750/93	3×АС 500/64	4×АС 400/51	5×АС 300/39	6×АС 240/32
$E_n$ , кВ/см	38,0	39,0	39,6	40,4	41,0
$\dot{U}_{дл}$ , о. е.	1,34	1,385	1,659	1,593	1,695

## Заключение

Полученные значения  $\dot{U}_{дл}$  могут реально достигаться в режимах малых нагрузок ВЛ СВН лишь при длинах, превышающих 1000 км.

В современных условиях участки линий 500 кВ имеют длины не более 500-600 км и поэтому повышения напряжения в промежуточных точках не могут быть более  $1,1 U_{ном}$ . Это обстоятельство позволяет выбирать «шаг» расщепления больше оптимального ввиду пологости правых частей зависимостей  $E_{max}^c = f(a)$ . В практике проектирования обычно принимается  $a=40$  см и при  $n=3$  и  $a=50-60$  см при  $n=2$ , что дает возможность дополнительно увеличить натуральную мощность линий электропередач СВН.

## Литература

1. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ /Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова-М.: Папирус Про. 2003,-640с.
2. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов/Ю.П. Рыжов. -М.: Издательский дом МЭИ, 2007.-488 с.:ил.

## Авторы:

Студент магистратуры **Баранова Д.И.**

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

214013 Энергетический проезд, д.1, г. Смоленск, Россия

Телефон 89156560242

E-mail: [Bar\\_daria@mail.ru](mailto:Bar_daria@mail.ru)

Ведущий инженер **Дубровская Т.И.**

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

214013 Энергетический проезд, д.1, г. Смоленск, Россия

Телефон 89206609740

E-mail: [sfmei\\_ees@mail.ru](mailto:sfmei_ees@mail.ru)

к.т.н., доц. **Петров В.С.**

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

214013 Энергетический проезд, д.1, г. Смоленск, Россия

Телефон 89107232782

E-mail: [sox04@yandex.ru](mailto:sox04@yandex.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

*А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга, С.А. Дубровская, А.А. Жидович, А.С. Авдей*  
Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Белоруссия

В работе рассмотрены результаты измерений и анализа качества электрической энергии в учебной лаборатории, сделаны выводы о соответствии показателей качества стандарту, предложены рекомендации по улучшению показателей.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, показатели качества напряжения.

# RESEARCH OF THE QUALITY OF ELECTRIC POWER IN THE EDUCATIONAL LABORATORY «ELECTRIC MACHINES»

*A.I. Zelenkevich, V.M. Zbrodyga, S.A. Dubrovskaya, A.A. Zhidovich, A.S Avdey*  
Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

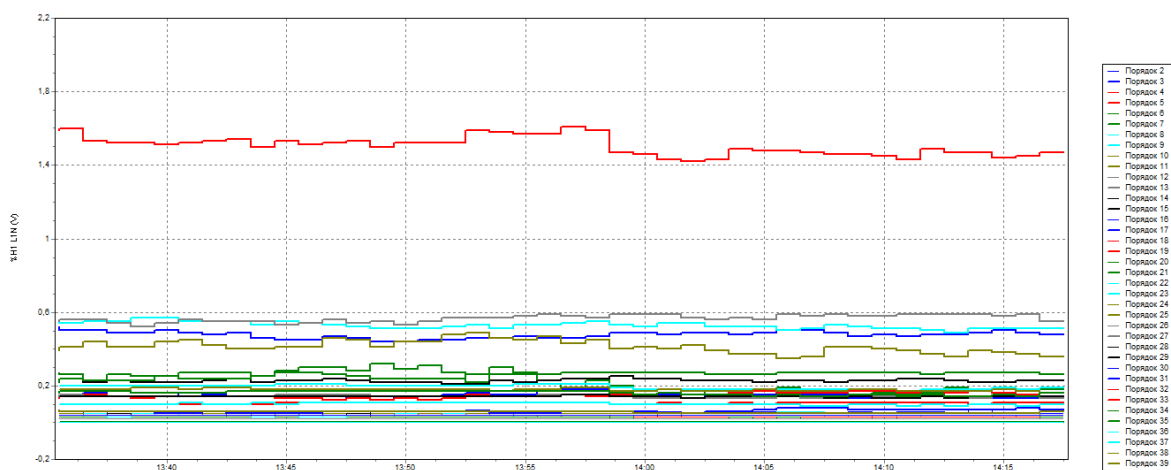
The paper examines the results of measurements and analysis of the quality of electrical energy in a training laboratory, draws conclusions about the compliance of quality indicators with the standard, and offers recommendations for improving the indicators.

**Key words:** power quality, voltage quality indicators.

При некачественном напряжении существенно ухудшаются условия работы как самих электроприемников, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом, возникают дополнительные потери мощности, снижается срок службы электрооборудования, уменьшаются экономические показатели его работы, возможны ложные срабатывания релейной защиты и автоматики.

При проведении занятий в лаборатории «Электрических машин» был выявлен необоснованный нагрев лабораторного оборудования, искажения в характеристиках электрических машин. Для определения причин ненормальных режимов работы электрооборудования был выполнен анализ качества электрической энергии, определены показатели качества электроэнергии (ПКЭ) [1]. Измерения электрических параметров в сетях напряжением 0,4кВ проведены с использованием цифрового трехфазного анализатора «Fluke 435».

На рисунках 1-4 приведены результаты измерений ПКЭ.



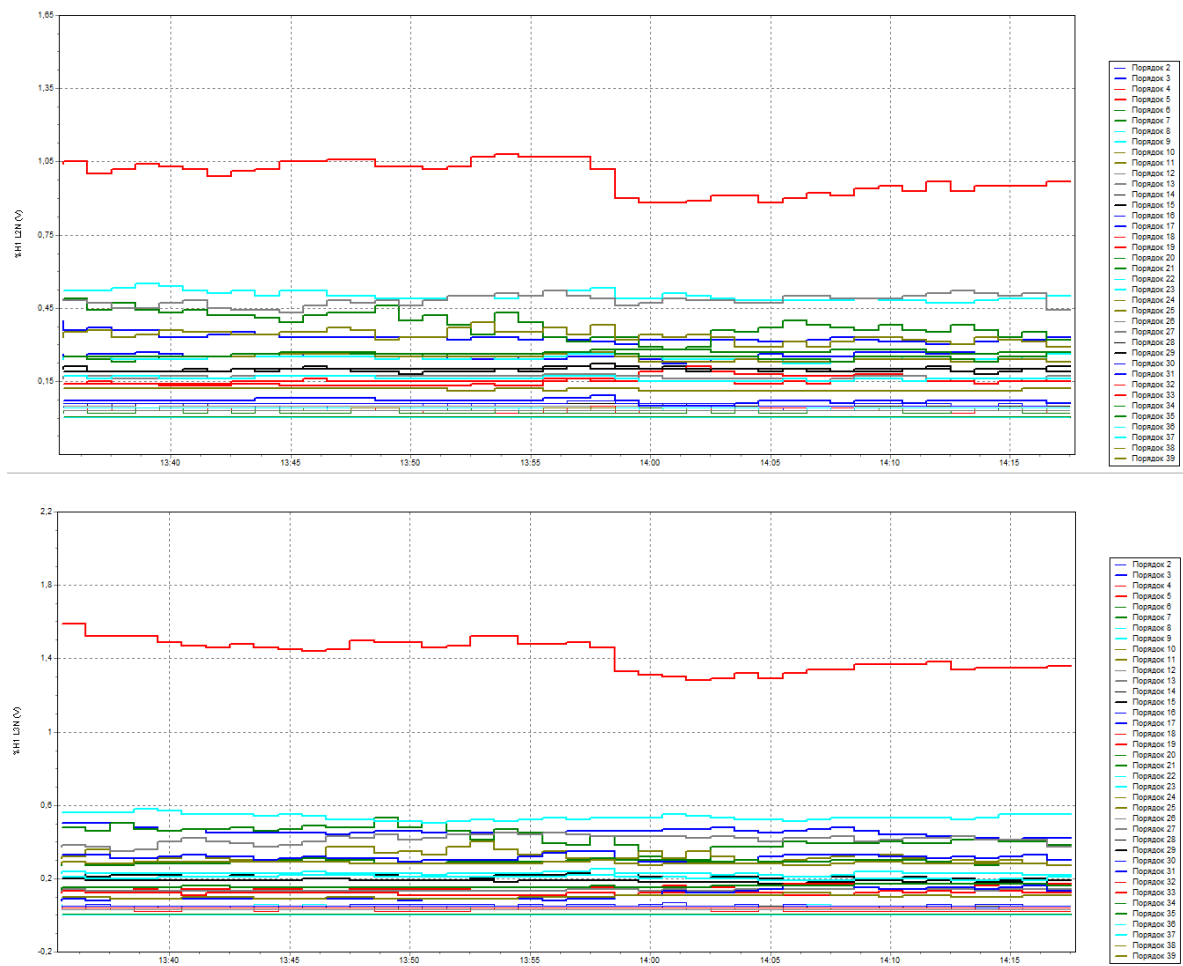


Рис. 1. График изменения гармонического состава напряжения по фазам «А», «В», «С», соответственно, В.

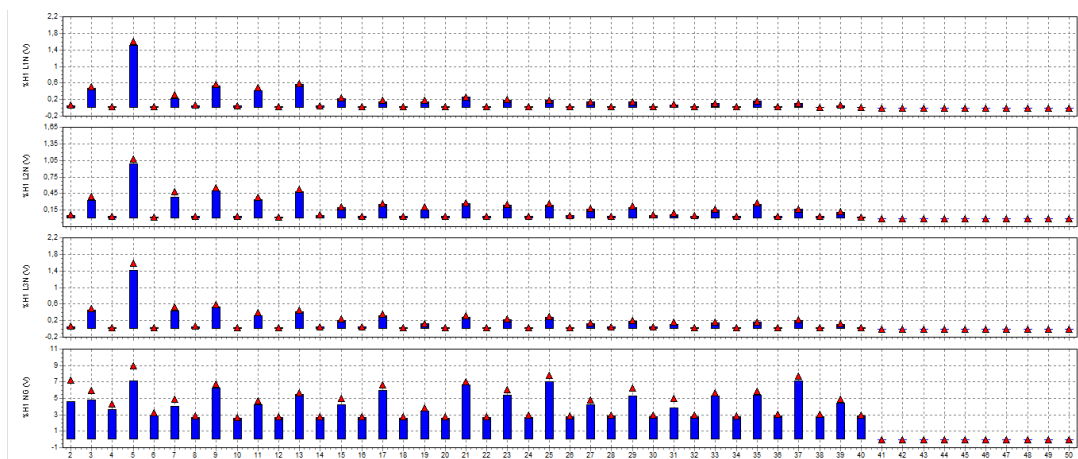


Рис. 2. Гистограммы гармонического состава напряжения по фазам «А», «В», «С», соответственно, В.

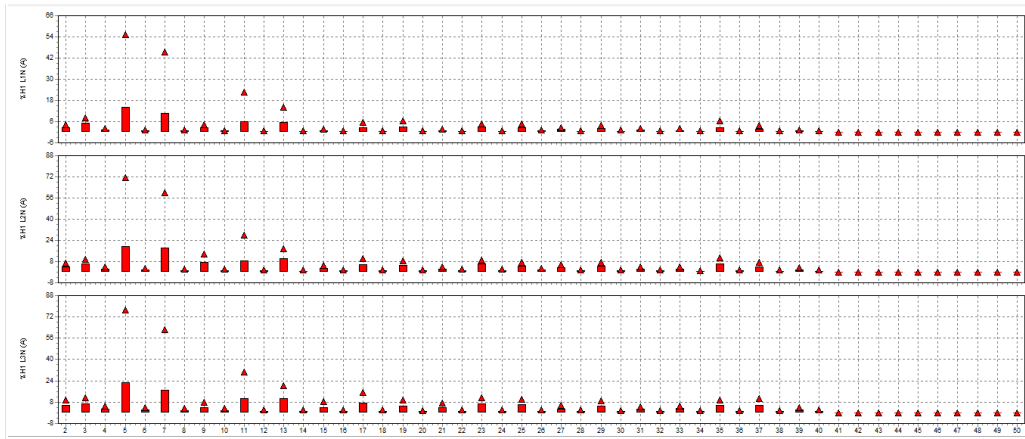
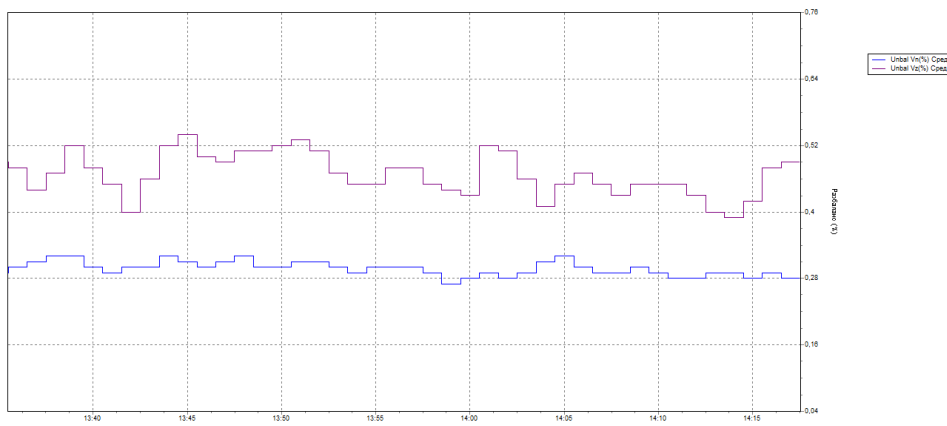


Рис. 3. Гистограммы гармонического состава токов по фазам «А», «В», «С», соответственно, А



Примечание.  $V_n(\%)$  – коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, %,  $V_z(\%)$  – коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, %.

Рисунок 4. График изменения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной  $K_{2U}$  и нулевой  $K_{0U}$  последовательности, %.

Результаты анализа ПКЭ приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1

Максимальные значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям за период измерений

Показатель	Значение
Коэффициент несимметрии напряжения $K_{2U}$ , %	0,32
Коэффициент несимметрии напряжения $K_{0U}$ , %	0,54

Таблица 2

Максимальные значения напряжений обратной и нулевой последовательностям за период измерений

Показатель	Значение
Напряжение обратной последовательности $U_2$ , В	1,02
Напряжение нулевой последовательности $U_0$ , В	1,7

Таблица 3

Максимальные значения показателей искажения синусоидальности  
напряжения за период измерений

Номер гармоники	Измеренное значение	Номер гармоники	Измеренное значение	Номер гармоники	Измеренное значение
2	0,07	15	0,25	28	0,05
3	0,52	16	0,05	29	0,22
4	0,04	17	0,35	30	0,07
5	1,61	18	0,04	31	0,17
6	0,04	19	0,21	32	0,05
7	0,53	20	0,04	33	0,17
8	0,06	21	0,31	34	0,04
9	0,58	22	0,04	35	0,28
10	0,05	23	0,26	36	0,04
11	0,49	24	0,04	37	0,22
12	0,04	25	0,3	38	0,04
13	0,59	26	0,05	39	0,12
14	0,06	27	0,18	40	0,03

Таблица 4

Максимальные значения показателей искажения синусоидальности токов за  
период измерений

Номер гармоники	Измеренное значение	Номер гармоники	Измеренное значение	Номер гармоники	Измеренное значение
2	9,62	15	8,25	28	2,4
3	11,48	16	2,35	29	8,76
4	5,12	17	15,27	30	1,93
5	77,38	18	2,0	31	4,66
6	3,67	19	9,48	32	1,77
7	62,55	20	1,9	33	5,33
8	2,46	21	7,41	34	1,89
9	13,71	22	2,49	35	11,08
10	3,09	23	11,06	36	1,76
11	30,44	24	2,27	37	10,85
12	2,42	25	10,27	38	1,73
13	20,31	26	2,87	39	3,87
14	2,34	27	5,82	40	2,09

### Заключение

Результаты измерений качества напряжения показали, что показатели отклонения напряжения электропитания от номинального/согласованного значения, величины коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям, величины суммарного коэффициента гармоник напряжения, находились в допустимых пределах.

Значения коэффициента 21 гармоники напряжения ( $KU(n)$ ) выше допустимых ГОСТ32144-2013. Значения коэффициентов 15, 27, 33 гармоник напряжения ( $KU(n)$ ) находятся близко к предельно допустимым.

Величины суммарного коэффициента гармоник токов  $KI$ , во время проведения измерений, значения коэффициентов 2-40 гармоник тока ( $KI(n)$ )

выше допустимых ГОСТ ИЕС 61000-3-2-2021, что может явиться причиной перегрева лабораторного оборудования, ложных срабатываний микропроцессорной релейной защиты, искажения в характеристиках электрических машин.

Рекомендовано предусмотреть проведение мероприятий, внедрение технических средств повышения качества напряжения в части ограничения уровня высших гармоник.

### **Литература**

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. (EN 50160:2010, NEQ). - Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2016-04-01. - Минск : Госстандарт, 2015. - 20 с.

### **Авторы:**

к.т.н., доц. **Зеленькевич А.И.**

УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172503701

E-mail: alex.zelenkewich@yandex.by

к.т.н., доц. **Збродыга В.М.**

УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172503701

E-mail: vlad1.72@mail.ru

Магистрант **Дубровская С.А.**

УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172503701

Студент **Жидович А.А.**

УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172503701

Студент **Авдей А.С.**

УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172503701



# ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СХЕМЫ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*А.Э. Норбоев, Р.Х. Бейтуллаева, А.Х.Хабибуллаев*

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

*У.Т.Бердиев*

Ташкентский университет транспорта, Ташкент, Узбекистан

В данной статье представлена схема регулирования скорости асинхронного электропривода с помощью автономного инвертора широкоимпульсного модулированного напряжения путем изменения частоты с помощью пакета Simulink в программе Matlab.

**Ключевые слова:** Электропривод, напряжения, электроэнергии, электрооборудования, Simulink, Matlab.

## STUDY OF THE SIMULATION MODEL OF THE FREQUENCY CONTROL CIRCUIT OF A LOW-POWER ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

*A.E. Norboev, R.Kh. Beytullaeva, A.Kh. Khabibullaev*

Karshi engineering economics institute, Karshi city, Uzbekistan

This article presents a scheme for regulating the speed of an asynchronous electric drive using an autonomous wide-pulse modulated voltage inverter by changing the frequency using the Simulink package in the Matlab program.

**Key words:** Electric drive, voltage, electric power, electrical equipment, Simulink, Matlab.

### Введение

На сегодняшний день более 75% производимой в мире электроэнергии приходится на потребление электрическими приводами. Этот показатель приобретает все большее значение в связи с его постоянным ростом. Результаты научно-технических исследований показывают, что стоимость использования электрооборудования за год равна половине его стоимости. В свою очередь, возникают задачи, связанные с решением проблем внедрения современных энерго- и ресурсосберегающих технологий. Общий объем частотно-регулируемых электрических приводов невелик в мировом масштабе. Например, в РФ этот показатель не превышает 15-20%. Модернизация электросистем заключается в разработке системы управления, отвечающей требованиям производства. Важным фактором изготавливаемой системы является ее энерго- и ресурсоэффективность и повышение ее надежности [1].

## Предмет исследования

Регулировка скорости асинхронного электропривода путем изменения частоты с помощью автономного инвертора широкоимпульсного модулированного напряжения с использованием пакета Simulink в программе Matlab.

## Методы

Для создания имитационной модели частотно-управляемого асинхронного электропривода был использован автономный инвертор широкоимпульсного модулированного напряжения. Выходное напряжение и амплитуда изменяются с помощью широкой импульсной модуляции и это используется для управления скоростью двигателя при различных значениях напряжения и частоты [2].

На рис. 1 представлена схема регулирования скорости асинхронного электропривода с помощью автономного инвертора широкоимпульсного модулированного напряжения путем изменения частоты с помощью пакета Simulink в программе Matlab.

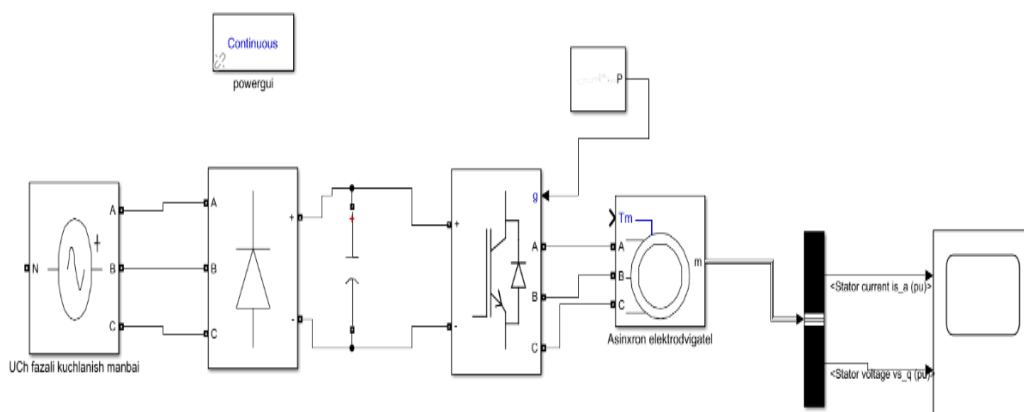


Рис. 1. Имитационная модель частотного регулирования асинхронного электропривода

## Полученные результаты и их анализ.

На (рис. 2) приведено изменение во времени тока и напряжения электропривода статора для частоты 50 Гц.

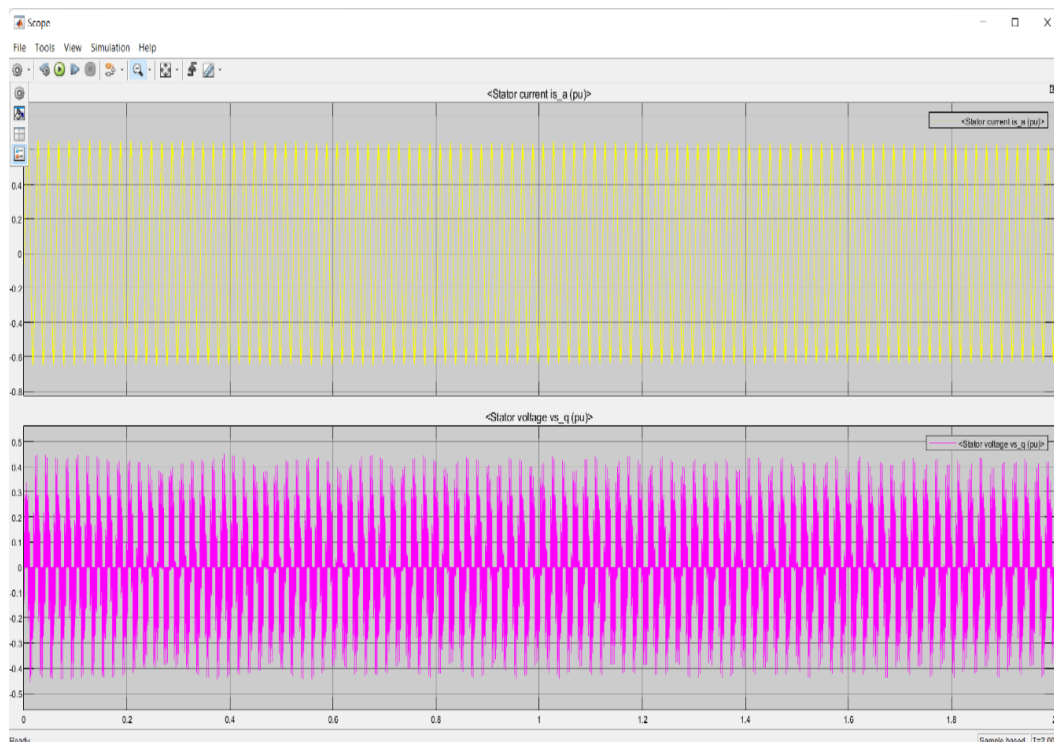


Рис. 2. График изменения тока и напряжения статора с течением времени

Известно, что магнитный поток в асинхронной машине зависит не только от напряжения и частоты, но и от момента. Графики изменения электромагнитного момента и частоты вращения ротора для значений 50 Гц и 30 Гц представлены ниже (рисунки 4 и 5).

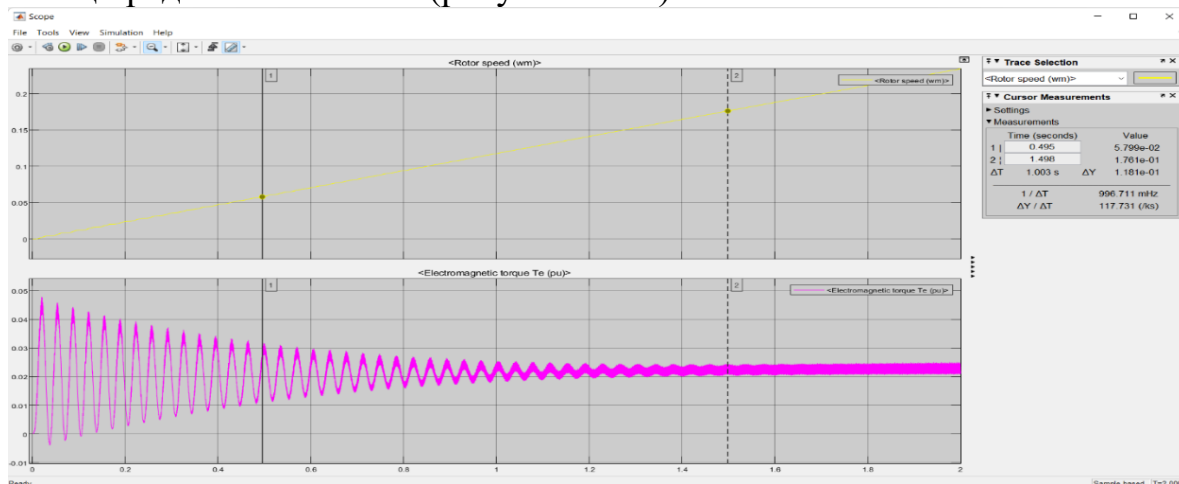


Рис. 3. График изменения скорости ротора и электромагнитного момента электродвигателя во времени, при частоте 50 Гц

Зависимость скорости от частоты из выражения и рисунков 4 и 5 позволяет регулировать скорость асинхронного электропривода при плавном увеличении частоты. Это, в свою очередь, обеспечивает плавный пуск асинхронного двигателя.

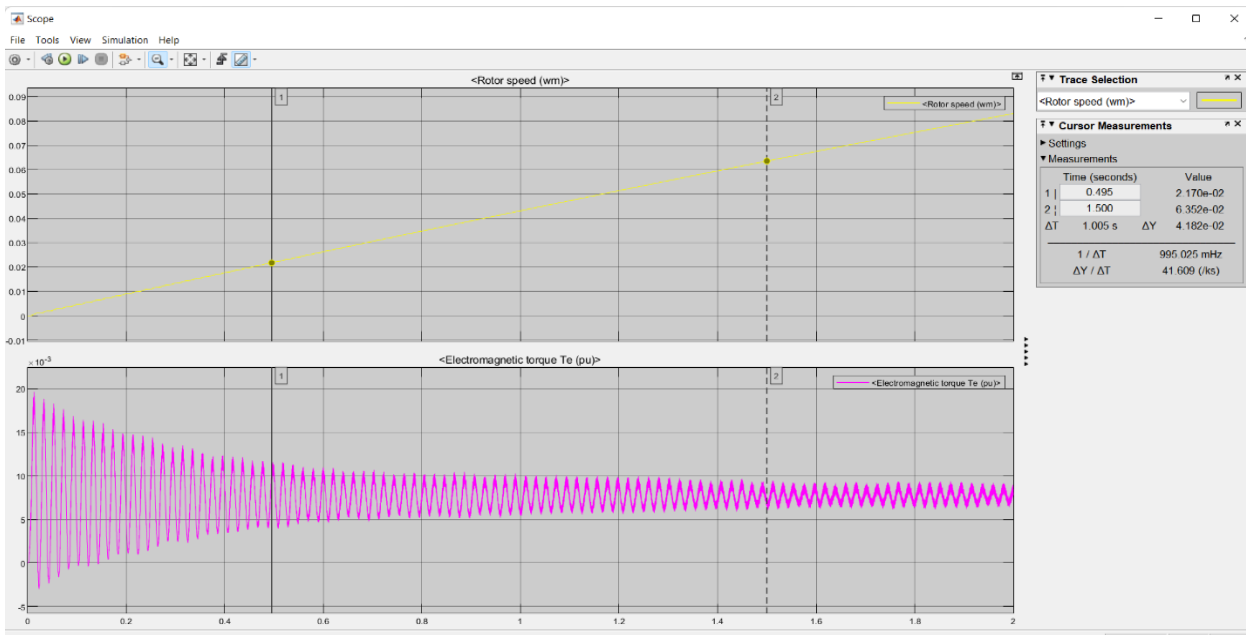


Рис. 4. График изменения скорости ротора и электромагнитного момента электродвигателя по времени, при частоте 30 Гц

### Заклучение

Таким образом, на основе представленной выше имитационной модели было проведено экспериментальное исследование на базе электропривода мощностью 22 кВт [3]. Исследование проведено на основе сравнительного анализа электропривода в процессе пуска напрямую и в процессе пуска с помощью преобразователя частоты. На рисунке 5 представлен график изменения фазных токов в процессе прямого пуска электропривода [4].

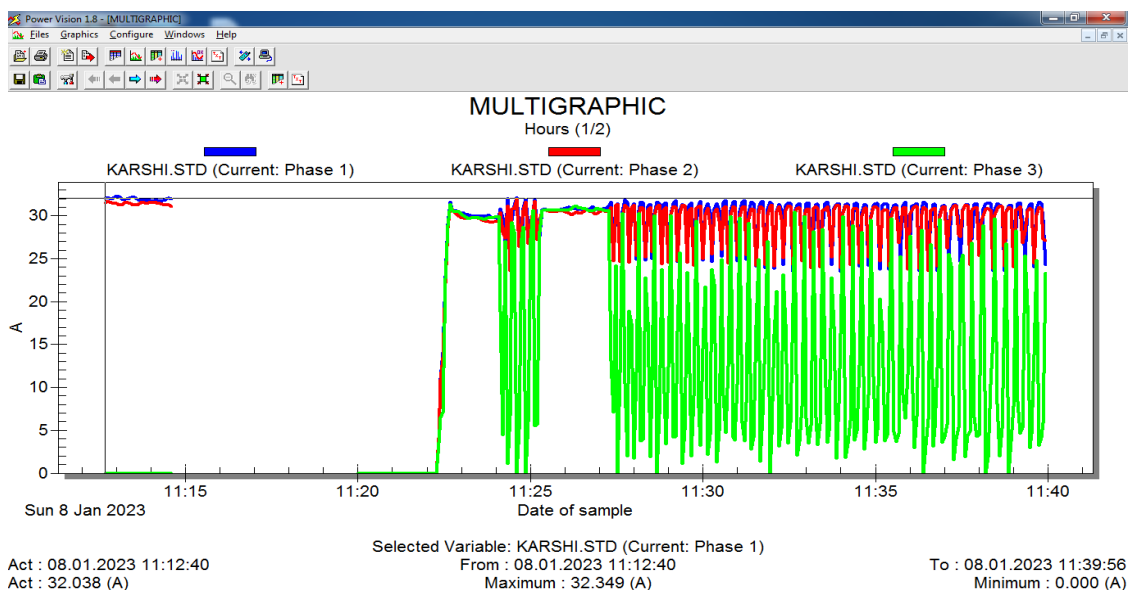


Рис. 5. График изменения фазных токов асинхронного двигателя во времени

Были обнаружены резкие отклонения в графике изменения токов каждой фазы при прямом пуске электропривода. Это, в свою очередь, превышает

установленный температурный предел нагрева обмотки статора, вследствие чего отрицательно сказывается на надежности, энерго- и ресурсоэффективности электропривода [5].

Теперь исследуем процесс пуска электропривода с помощью преобразователя частоты на основе результатов экспериментальных исследований. На рисунке 6 показан график изменения фазных токов электропривода по времени [6].

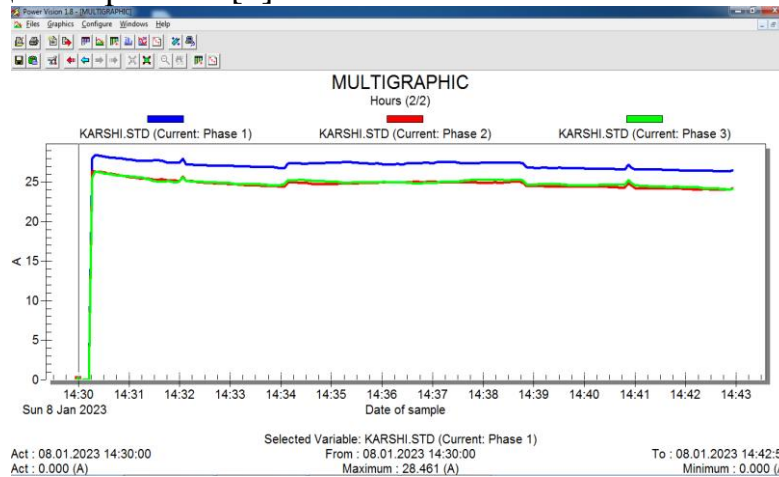


Рис 6. График изменения фазных токов асинхронного двигателя по времени

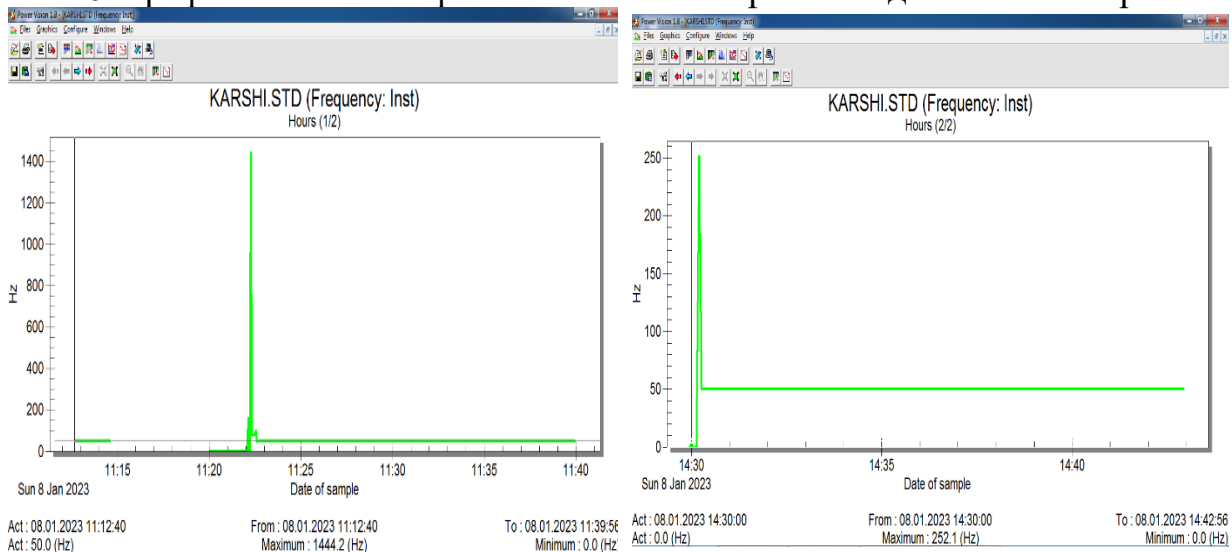


Рис. 7. График изменения частоты по времени (для использования напрямую и с помощью преобразователя частоты)

В результате работы электропривода с помощью преобразователя частоты определялось плавное изменение фазных токов. Это положительно влияет на увеличение срока службы электропривода, обеспечение надежной работы и увеличение интервалов технического обслуживания. В результате энергоэффективность электропривода может быть увеличена до 23% [7].

### Литература

1. Berdiev, U., Norboev A., & Mamarajabova, Z. (2023). Investigation of asymmetry in asynchronous motor used in a borehole pump. In E3S Web of Conferences (Vol. 383, p. 04057). EDP Sciences.

2. U.T.Berdiyev, Sh.A.Sharapov, A.E.Norboev, R.X. Beytullaeva. Study of the speed control system for asynchronous machines by changing the frequency using mathematical modeling Fifteen International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications May 28-June 1, 2024 Tashkent, Uzbekistan.

3. D.T.Yusupov, I.K.Ismoilov, A.E.Norboev, R.X.Beytullaeva, and A.A.Yuldashev. (2024). Development of a simulation model for assessing the technical condition of oil power transformers by measuring vibroacoustic parameters. E3S Web of Conferences ESDCA 2024, 04014 (2024).

4. Rumia Beitullaeva, Bobur Tukhtaev, Anvar Norboev, Kamoliddin Nimatov and Shukhrat Djuraev. Analysis of pump operation in common pressure pipelines using the example of the “Chirchik” pumping station. E3S Web Conf. Volume 460, 202. International Scientific Conference on Biotechnology and Food Technology (BFT-2023).

5. Yusupov, D.T., Ismoilov, I.K., Norboev, A.E., Sa’dullaev, A.B., Babaev, O.E. Development of a simulation model for assessing the technical condition of the magnetic circuit of oil power transformers by measuring the temperature of the tank and the external environment. E3S Web of Conf. Volume 510, 2024 IV International Conference on Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Energy, Ecology and Earth Science (ESDCA2024).

6. Yusupov, D.T., Muminov, A.B., Sa’dullayev, A.B., Norboev, A.E., Babaev, O.E. Analysis of drying methods of oil-oiled power transformers. E3S Web of Conf.

Volume 524, 2024 VII International Conference on Actual Problems of the Energy Complex and Environmental Protection (APEC-VII-2024).

7. Bekishev, A.Y., Norboev, A.E., Khudoynazarov, U.A., Kurbanov, N.A., Yunusov, O.A. Autonomous mode and parallel operation of an asynchronous generator with the electrical network. E3S Web of Conf. Volume 524, 2024 VII International Conference on Actual Problems of the Energy Complex and Environmental Protection (APEC-VII-2024).

### **Авторы:**

**проф. У.Т.Бердиев**

Ташкентский университет транспорта

100167, Узбекистан г. Ташкент пер. 1-й Темир йульчилар

Телефон/факс: +998712990217

E-mail: [berdiev1965@inbox.ru](mailto:berdiev1965@inbox.ru)

**доц. А.Э.Норбоев**

Каршинский инженерно-экономический институт

180100, Узбекистан г. Карши улица Мустакиллик 225 дом.

Телефон/факс: +998752210923

E-mail: [a\\_norboyev@list.ru](mailto:a_norboyev@list.ru)

**доц. Бейтуллаева Р.Х.**

Каршинский инженерно-экономический институт

180100, Узбекистан г. Карши улица Мустакиллик 225 дом.

Телефон/факс: +998752210923

E-mail: [beytullaear@mail.ru](mailto:beytullaear@mail.ru)

**магистр Хабибуллаев А.Х.**

Каршинский инженерно-экономический институт

180100, Узбекистан г. Карши улица Мустакиллик 225 дом.

Телефон/факс: +998752210923

E-mail: [abduraximxabibullayev20@gmail.com](mailto:abduraximxabibullayev20@gmail.com)

# К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

*В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич, В.В. Карпинский, А.И. Новик, С.Д. Рудченко*  
Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Белоруссия

В работе рассмотрено влияние средств распределенной генерации на показатели качества электроэнергии, выполнено моделирование сети 0,4кВ с различной долей средств распределенной генерации.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, показатели качества напряжения, распределенная генерация, моделирование

## ON THE ISSUE OF ELECTRIC POWER QUALITY IN LOW-VOLTAGE NETWORKS WITH DISTRIBUTED GENERATION

*V.M. Zbrodyga, A.I. Zelenkevich, V.V. Karpinsky, A.I. Novik, S.D. Rudchenko*  
Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

The paper examines the influence of distributed generation facilities on electric power quality indicators, and simulates a 0.4 kV network with different shares of distributed generation facilities.

**Keywords:** electric power quality, voltage quality indicators, distributed generation, simulation

Современные тенденции в энергетике характеризуются ростом доли распределённой генерации (РГ), которая включает в себя такие источники энергии, как солнечные панели и ветро-генераторы. Этот процесс обусловлен переходом на возобновляемые источники энергии (ВИЭ), требованиями по снижению углеродного следа, а также развитием технологий в области генерации и управления энергопотреблением. Однако интеграция распределённой генерации в существующую энергетическую инфраструктуру приводит к ряду проблем, связанных с обеспечением стабильности и качества электроэнергии:

- увеличение гармонических искажений, возникающих из-за работы силовой электроники, связанной с преобразованием энергии в инверторах солнечных панелей и ветроустановок.

- отклонения напряжения, вызванные не стабильной генерацией мощности ВИЭ на низких напряжениях, что может приводить к нестабильной работе сетей и снижению надёжности электроснабжения.

Исследования показывают, что сети с РГ характеризуются высокой степенью изменчивости параметров. Основные причины связаны с периодичностью генерации (солнечная и ветровая энергия зависят от погодных условий, времени суток и сезона. Это приводит к колебаниям мощности и напряжения в сети), неравномерным распределением генераторов (установка источников РГ часто происходит в зависимости от локальных

возможностей, что создаёт дополнительные сложности при управлении сетью), использованием силовой электроники (инверторы, используемые для преобразования постоянного тока в переменный, вносят дополнительные искажения в параметры сети, особенно в частотной области). Данные особенности требуют комплексного подхода к анализу работы таких сетей, с учётом их динамического характера и влияния на параметры качества электроэнергии.

Для исследования влияния распределённой генерации на качество электроэнергии в низковольтных электрических сетях использован программный комплекс MATLAB/Simulink.

В рамках исследования разработаны пользовательские модели компонентов сетей и РГ, адаптированные для решения поставленных задач. Для анализа используется типовая низковольтная сеть с номинальным напряжением 0,4 кВ. Модель включает в себя источник питания (силовой трансформатор, подключённый к магистральной сети высокого напряжения), распределённая генерация (солнечные панели и ветровые установки, подключённые через инверторы. Каждый источник моделируется с учётом его характеристик мощности и взаимодействия с сетью), нагрузки (как линейные (резистивные), так и нелинейные (индукционные двигатели, зарядные устройства для электромобилей)).

Модель построена таким образом, чтобы отражать как стационарные, так и динамические режимы работы сети, включая пусковые процессы, изменения нагрузки и генерации.

Солнечные панели и ветровые установки включены в модель с использованием стандартных библиотек MATLAB Simulink, а также с доработкой параметров для большей точности. Солнечные панели моделируются как генераторы постоянного тока, подключённые к сети через инвертор. Учитываются такие параметры, как интенсивность солнечного излучения, температура окружающей среды и эффективность инвертора. Ветровые установки представлены моделями генераторов, где мощность определяется скоростью ветра. Для реализации использован аэродинамический блок, преобразующий характеристики ветрового потока в электрическую мощность.

Силовые инверторы для обоих типов генерации моделируются как источники напряжения, которые преобразуют постоянный ток в переменный с заданными характеристиками. В моделях учитываются генерация высших гармоник, динамика изменения мощности, а также взаимодействие между РГ и потребителями.

Для проведения исследования были заданы условия, отражающие реальные режимы работы сети: генерация от солнечных панелей варьируется в зависимости от времени суток, с пиковым значением днём и нулевым значением ночью, ветровые установки генерируют энергию в соответствии с усреднёнными погодными данными, включая случайные колебания.

Интенсивность солнечного излучения и ветровая активность моделируются с учётом климатических данных. Например, зимние месяцы



характеризуются меньшей выработкой солнечной энергии, но потенциально более высокой ветровой активностью.

Структура нагрузок разделена на базовую (освещение, бытовые приборы) и переменную (зарядные устройства электромобилей, кондиционеры). Нагрузки изменяются по времени, чтобы отразить реальную динамику потребления электроэнергии.

Особое внимание уделено моделированию несимметричных режимов работы, возникающих из-за неравномерного распределения генерации и нагрузки по фазам. Для анализа параметров качества электроэнергии использованы спектральный анализ гармоник, расчёт суммарного коэффициента несинусоидальности напряжения и отклонения напряжения относительно номинального уровня.

Таким образом, разработанная методология обеспечивает возможность всестороннего изучения влияния распределённой генерации на качество электроэнергии в низковольтных сетях, а также апробации методов его улучшения.

Моделирование сети показало, что основной вклад в гармонические искажения вносит работа инверторов РГ, особенно при высокой доле солнечных панелей и ветрогенераторов. Гармонические искажения проявляются в виде появления высших гармоник, наиболее значимыми из которых являются: 3-я гармоника с амплитудой 2–4% от основной частоты, связанная с нелинейными процессами преобразования энергии; 5-я и 7-я гармоники с амплитудой 1–2%, возникающие из-за некорректной настройки алгоритмов инверторов; высшие гармоники (11-я, 13-я и выше), амплитуда которых менее 1%, но их совокупное влияние может быть значительным при суммировании.

Анализ спектрального состава показал, что при превышении доли распределённой генерации более 50% от общей мощности сети гармоническое искажение напряжения может достигать 6–8%, что превышает нормативные значения, определённые ГОСТ 32144-2013 [1].

Симуляции подтвердили, что вариативность мощности РГ вызывает отклонения напряжения. Солнечная генерация способствует резкому повышению напряжения в дневное время, особенно в периоды низкого энергопотребления. В пиковой фазе генерации напряжение может превышать номинальное на 10–15%. Ветровая генерация демонстрирует более сглаженные отклонения, однако сильные ветровые порывы могут вызывать кратковременные скачки напряжения до 5–8% выше номинального значения. Комбинированная генерация снижает влияние одного типа РГ, но добавляет сложности в управлении из-за разнохарактерности изменений.

Отклонения напряжения в сети усиливаются при неравномерном распределении генерации по фазам, что моделировалось в условиях асимметричной нагрузки. В таких случаях разница напряжения между фазами достигала 8–12%, что выходит за пределы допустимых значений [1].

Моделирование было проведено для трёх случаев: сеть без распределённой генерации (традиционная схема), сеть с умеренной долей РГ (до 30%), сеть с высокой долей РГ (более 50%).

В первом случае, показатели качества электроэнергии в основном соответствовали нормативным требованиям. Во втором случае, отмечалось незначительное повышение гармонических искажений (до 3,5%), напряжение оставалось в пределах нормы, однако в период пиков генерации фиксировались колебания до  $\pm 3\%$ . В третьем случае, гармонические искажения достигали критических значений (до 6–8%), особенно в сетях с преобладанием солнечных панелей, отклонения напряжения варьировались в диапазоне  $\pm 10\text{--}15\%$ , что значительно превышает допустимые [1] значения, пиковые значения генерации вызывали эффект перегрузки линии, что требует применения средств активного регулирования.

Анализ результатов показывает, что рост доли РГ приводит к ухудшению качества электроэнергии, особенно при отсутствии адаптивных систем управления.

### **Заключение**

Результаты моделирования подтвердили, что интеграция распределённой генерации, такой как солнечные панели и ветрогенераторы, оказывает значительное влияние на параметры электрической сети: увеличение гармонических искажений из-за работы полупроводниковых преобразователей, отклонения напряжения, вызванные изменчивостью мощности генерации, возрастание нагрузки на сеть в периоды пикового потребления и генерации.

Результаты данного исследования имеют существенное практическое значение. Полученные данные могут быть использованы при проектировании низковольтных сетей с распределённой генерацией: оптимизацию топологии сетей для минимизации влияния генерации на параметры качества электроэнергии; расчёт параметров оборудования, таких как трансформаторы, инверторы и компенсаторы.

Настоящее исследование демонстрирует актуальность вопросов качества электроэнергии в условиях увеличения доли распределённой генерации. Современные технологии и методы управления могут обеспечить стабильность работы сетей, однако дальнейшее развитие данной области требует глубоких научных исследований, междисциплинарного подхода и широкого сотрудничества на международном уровне.

### **Литература**

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. (EN 50160:2010, NEQ). - Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2016-04-01. - Минск : Госстандарт, 2015. - 20 с.

### **Авторы:**

к.т.н., доцент **Збродыга В.М.**

Белорусский государственный аграрный технический университет  
УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172503701

E-mail: [vlad1.72@mail.ru](mailto:vlad1.72@mail.ru)

к.т.н., доцент **Зеленькевич А.И.**

УО «БГАТУ»

пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172921011

E-mail: [alex.zelenkewich@yandex.by](mailto:alex.zelenkewich@yandex.by)

Студент **Карпинский В.В.**

БНТУ

пр. Независимости, 65, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172921011

Студент **Новик А.И.**

БНТУ

пр. Независимости, 65, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172921011

Студент **Рудченко С.Д.**

БНТУ

пр. Независимости, 65, 220023, г. Минск, Республика Беларусь

Телефон/факс: +375172921011

## **АЛГОРИТМ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЧАСТИЧНЫЙ РАЗРЯД В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ**

*Х.И. Усмонов, Ш.М. Султонзода*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

*Ш.Дж. Джуразода*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

Роль влажности в механизме возникновения частичного разряда довольно сложна, особенно с учетом температуры окружающей среды. Действительно, нет никакого общего правила, объясняющее влияние влажности на явление ЧР. В статье приведен алгоритм процедуры испытания активности ЧР в межвитковой изоляции для различных условий относительной влажности при трех различных температурах окружающей среды, то есть 30° С, 60° С и 90°С. Применение теста на опрокидывание позволяет измерять изоляционные свойства обмоток электрических машин.

**Ключевые слова:** частичный разряд, влажность, температура, алгоритм

# ALGORITHM FOR ENSURING HUMIDITY AND TEMPERATURE DURING PARTIAL DISCHARGE IN ELECTRICAL MACHINES

*Kh.I. Usmonov, Sh.M. Sultonzoda*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

*Sh.J. Jurazoda*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

The humidity role in the partial discharge inception mechanism is quite challenging, especially when considering the environmental temperature. Indeed, there is no general rule to explain the humidity effect on the PD phenomenon. In this paper, the PD activity in inter-turn insulation is experimentally investigated for different relative humidity conditions at three different ambient temperatures, that is, 30°C, 60°C, and 90°C. The application of the rollover test allows one to measure the insulating properties of electrical machine windings.

**Key words:** partial discharge, humidity, temperature, algorithm

Частичный разряд (ЧР) является критическим фактором, влияющим на надежность системы изоляции, особенно для изоляции типа I. Согласно стандарту Международной электротехнической комиссии (МЭК) [2], появление ЧР в изоляции типа I (т.е. органических материалах) означает окончание срока службы системы изоляции. Следовательно, следует избегать активности ЧР в электрических машинах (ЭМ), изолированных изоляцией типа I. На активность ЧР могут влиять такие факторы окружающей среды, как температура, давление и влажность. Закон Пашена в сочетании с анализом конечных элементов (АКЭ) используется для интерпретации влияния давления на ЧР [3]. Что касается влияния температуры, увеличение температуры обмотки с 25°C до 155°C обычно приводит к падению начального напряжения частичного разряда (ННЧР) на 30%, как указано в стандарте МЭК [2]. Однако не существует общего правила, описывающего влияние влажности на механизм ЧР. Влияние влажности на ЧР становится критическим, учитывая ЭМ для применения в морских ветряных турбинах [4]. Более того, для ЭМ с открытыми вентилируемыми системами охлаждения (недорогое и распространенное решение для систем охлаждения) влага из воздуха может проникать в корпус и в сочетании с температурой, создаваемой эффектом Джоуля, создает микроклимат внутри ЭМ. Таким образом, важно полностью проанализировать и исследовать механизм возникновения ЧР при совместном действии как влажности, так и температуры.

Для лучшего понимания механизма возникновения ЧР было проведено предварительное испытание тангенса угла диэлектрических потерь ( $\tan\delta$ ) и ёмкости изоляции (ЁИ). Фактически, мониторинг диэлектрических свойств во время выполнения испытания ННЧР позволяет провести всесторонний анализ явления благодаря одновременным измерениям.

Поведение реального диэлектрического материала может быть представлено в виде конденсатора параллельно с сопротивлением. Когда диэлектрический материал подвергается воздействию синусоидального напряжения, уровень которого ниже ННЧР, диэлектрические потери в основном вызваны потерями в твердом состоянии (т.е. потерей проводимости и потерей поляризации), которые не сильно меняются в зависимости от приложенного напряжения. С другой стороны, когда вводится ЧР, происходит увеличение диэлектрических потерь из-за увеличения потерь на ионизацию и, следовательно,  $\tan\delta$ . Кроме того, появление ЧР приводит к увеличению ЁИ, поскольку воздушные пустоты между двумя проводниками были частично перекрыты [8]. Следовательно, опрокидывающее испытание (tip-up test) для  $\tan\delta$  и ЁИ может быть использован в качестве косвенного измерения ЧР. В [1] ННЧР был измерен при пяти различных уровнях относительной влажности при трех различных температурах окружающей среды: 30°C, 60°C и 90°C. Оптическое обнаружение ЧР с использованием фотоумножительной трубки (ФТ) используется для прямого измерения ЧР. Витая пара используется в качестве тестового образца, поскольку она является наглядным представлением изоляции от витка к витку и проста в изготовлении [9]. Испытание на опрокидывание проводится промышленным тестером изоляции Megger 4110. Результаты tip-up test подтверждают конденсацию водяной пленки, что, в свою очередь, объясняет тенденцию ННЧР. Конденсацию водяной пленки подтверждают методом изображения сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), в то время как ННЧР тенденция доказана и подтверждена посредством электростатического анализа методом конечных элементов (МКЭ).

В [1] показан результат СЭМ, где образец #А представляет собой совершенно новую витую пару после предварительной подготовки, тогда как образец #В подвергся 2-часовому воздействию высокой влажности и температуры окружающей среды (т.е. 90°C, относительная влажность 90% и абсолютная влажность 378 г/м<sup>3</sup>). Период в 2 часа соответствует типичному времени, необходимому для завершения всего исследования (т.е. измерения ННЧР и испытания на опрокидывание при пяти значениях относительной влажности и трех уровнях температуры). В [1] СЭМ показывают, что влага может прилипать к поверхности изоляции из-за воздействия высокой влажности и в воздушном зазоре между проводниками образуется конденсат воды.

Алгоритм процедуры испытания приведена на рисунке 1. После предварительной обработки набор из пяти витых пар вставляется в камеру нагрева и устанавливается температура окружающей среды 0°C. Поддержание постоянной температуры на протяжении всей тестовой кампании, пять значений относительной влажности (т.е. 30%, 45%, 60%, 75%, и 90%) рассматриваются. Значительное количество протестированных уровней влажности позволяет получить четкое представление об изменчивости  $\tan\delta$ , ЁИ и ННЧР в зависимости от влажности. Кроме того, выбранные значения относительной влажности совместимы с условиями работы системы изоляции

ЭМ, работающей в среде с высокой влажностью (например, морская ветряная турбина).

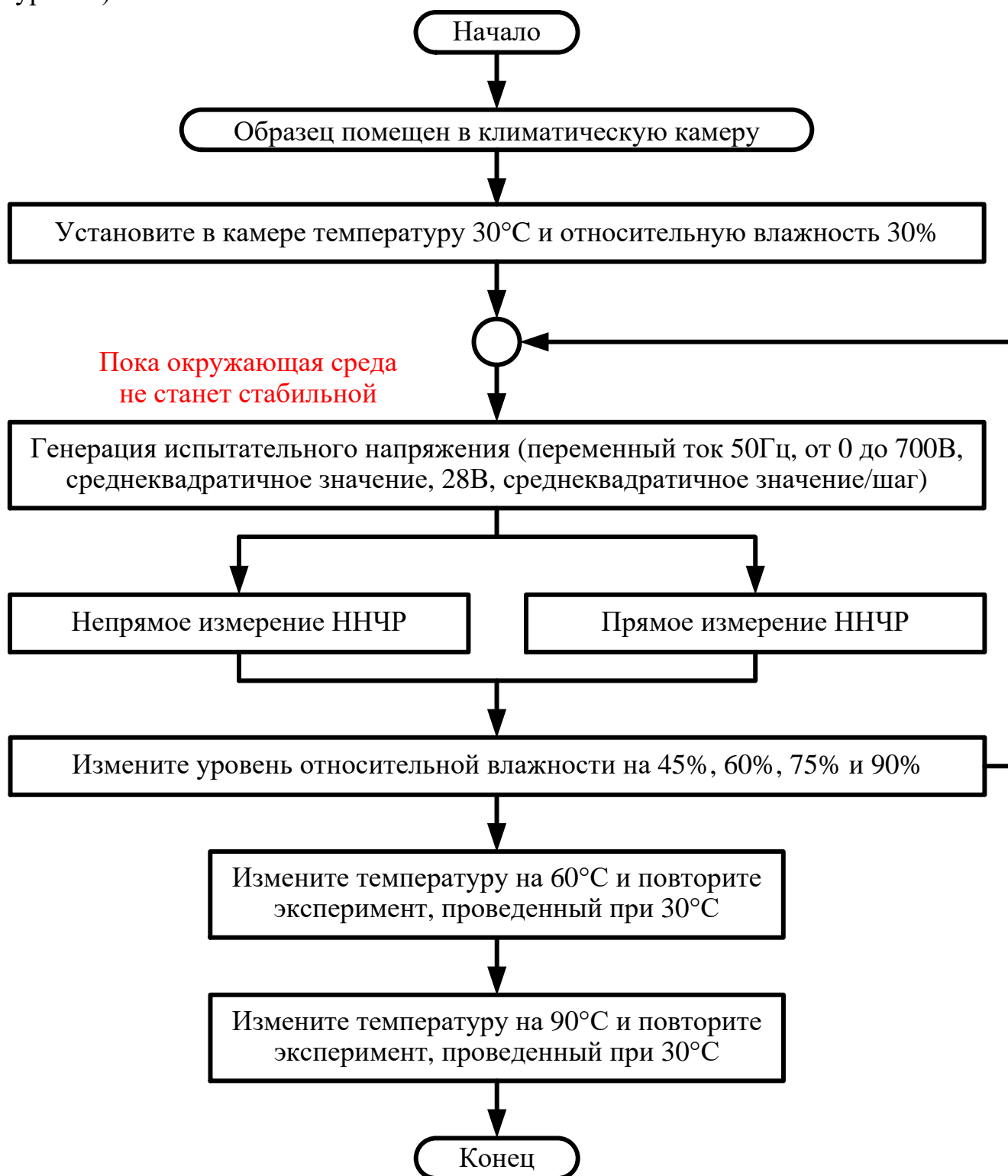


Рис. 1. Алгоритм влияния влажности и температуры на частичный разряд в электрических машинах

Как только камера достигает заданных значений влажности и температуры, витые пары возбуждаются синусоидальной формой напряжения. Мегагерц 4110 генерирует автоматически повышающееся напряжение переменного тока от 0 до 700В с шагом 28В (т.е. минимально допустимый шаг). На каждом шаге напряжение сохраняется в течение

нескольких секунд для измерений  $\epsilon''$  и  $\tan\delta$ . В то же время ФТ, направленный на образцы, улавливает свет, излучаемый ННЧР, и ННЧР регистрируется. После испытания при 30°C аналогичную процедуру повторяют с использованием нового набора витых пар для два оставшихся значения температуры (т.е. 60°C и 90°C). В действительности может оказаться невозможным достичь одновременно высоких значений температуры и влажности (например, 90°C при относительной влажности 90%). Тем не менее, эти условия испытаний направлены на то, чтобы дать всестороннее представление о явлении ЧР в широком диапазоне параметров окружающей среды.

### **Заключение**

1. На диэлектрические свойства ( $\tan\delta$  и  $\epsilon''$ ) сильно влияет образование водной пленки. Такое поведение было обнаружено при всех рассмотренных температурах, хотя значение относительной влажности, при котором образуется водяная пленка, изменяется в зависимости от температуры окружающей среды (т.е. водяная пленка образуется при 75% и 60° С, в то время как при 60% относительной влажности при температуре 90° С).

2. При фиксированной температуре относительная влажность определяет образование водной пленки, в то время как абсолютная влажность влияет на наличие водяного пара. Оба фактора повышают ННЧР.

### **Литература**

1. Ji, Y., Giangrande, P., Zhao, W., Madonna, V., Zhang, H., Li, J., Galea, M.: Investigation on combined effect of humidity–temperature on partial discharge through dielectric performance evaluation. IET Sci. Meas. Technol. 1–10 (2022).
2. IEC 60034: Part 18–41: Partial Discharge Free Electrical Insulation Systems (Type I) Used in Rotating Electrical Machines Fed from Voltage Converters—Qualification and Quality Control Tests. (2014).
3. Madonna, V., Giangrande, P., Zhao, W., Zhang, H., Gerada, C., Galea, M.: Electrical machines for the more electric aircraft: Partial discharges investigation. IEEE Trans. Ind. Appl. 57(2), 1389–1398 (2020).
4. Malliou, C.-P., Karlis, A.D., Danikas, M.G., Lloyd, B.: A short review on the offshore wind turbine generator windings' insulation and the effect of water droplets and salinity. IEEE Trans. Ind. Appl. 52(6), 4610–4618 (2016).
5. Stone, G.C., Boulter, E.A., Culbert, I., Dhirani, H., Electrical Insulation for Rotating Machines: Design, Evaluation, Aging, Testing, and Repair. John Wiley & Sons, New York (2004)
6. Naderiallaf, H., Giangrande, P., Galea, M.: A contribution to thermal ageing assessment of glass fibre insulated wire based on partial discharges activity. IEEE Access 10, 41186–41200 (2022).

### **Авторы:**

соискатель **Усмонов Х.И.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр. академиков Раджабовых 10а

Телефон (+992) 988889519

E-mail: [khislatbek88@gmail.com](mailto:khislatbek88@gmail.com)

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» Султонзода Ш.М.  
ТТУ имени акад. М.С. Осими  
734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а  
Телефон (+992) 937004444  
E-mail: [sultonzoda.sh@mail.ru](mailto:sultonzoda.sh@mail.ru)

к.т.н., доцент Джуразода Ш.Дж.  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992934831100  
E-mail: [dzhuraevsh@mpei.ru](mailto:dzhuraevsh@mpei.ru)

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ВВЕДЕНИИ РЕЖИМОВ ОТКЛЮЧЕНИЯ**

*М.В.Шамсиев, Ф.С. Собиров, С.С. Пардаев, Д.Т. Мамаджанова*  
Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика  
Таджикистан)

В работе рассматривается возможность построения гравитационной аккумулирующей электрической станции (ГАЭС) мощностью 3 кВт для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей при введении режимов отключения. Гравитационный эффект накопления энергии усиливается за счет использования веса аккумуляторной батареи, синхронной электрической машины, редукторов, металлоконструкции платформы и сопутствующего электрооборудования. Анализируются режимы подъема и спуска платформы, временные периоды работы «зарядки» и «разрядки» станции. Осуществлен выбор оборудования станции и оценена общая стоимость затрат.

**Ключевые слова:** гравитационная аккумулирующая электрическая станция (ГАЭС), синхронная машина, редуктор, аккумуляторная батарея, бетонный куб.

## **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEM FOR CONSUMERS WHEN INTRODUCING SHUTDOWN MODES**

*M.V. Shamsiev, F.S. Sobirov, S.S. Paradaev, D.T. Mamadzhanova*  
National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

The paper considers the possibility of constructing a gravity storage power plant (GSPP) with a capacity of 3 kW to ensure uninterruptible power supply to consumers when introducing shutdown modes. The gravitational effect of energy accumulation is enhanced by using the weight of the battery, synchronous electric machine, gearboxes, metal structure of the platform and associated electrical equipment. The modes of lifting and lowering the platform, the time periods of



operation of the "charging" and "discharging" of the station are analyzed. The equipment of the station is selected and the total cost of expenses is estimated.

**Keywords:** gravity storage power plant (PSPP), synchronous machine, gearbox, storage battery, concrete cube.

Как известно, в осенне-зимний период для значительного числа потребителей вводится режим отключения. При этом осуществляется подача электроэнергии с 5 до 8 ч. утра и с 18 до 21 ч. вечера. Для обеспечения минимальных первоочередных нужд потребителей в периоды отключения:

- дневной – с 8 ч. утра до 18 ч. вечера
- ночной – с 21 ч. вечера до 5 ч. утра

Предлагается реализовать электрическую гравитационную аккумулирующую станцию [1, 2] малой, до 3 кВт, мощности, которая будет состоять из следующих частей:

1) аккумуляторная батарея на основе свинцово – кислотного аккумулятора Excell – 12 В – 35 А·ч. Общее количество 20 штук. Общий вес  $\approx 200$  кг. Размеры: высота – 220 мм, длина – 187 мм, ширина – 127 мм. Цена в Душанбе –  $1083,19 \cdot 20 = 21663,8$  сомони. При оптовой закупке:  $900 \cdot 20 = 18000$  сомони. Соединение их в последовательную цепь позволяет получить 240 В постоянного тока для запитки электрических чайников, плит, обогревателей, освещения. Энергия, накапливаемая в аккумуляторной батарее:

$$Э_{АБ} = 240 \cdot 35 = 8400 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 30,24 \text{ МДж}$$

2) Синхронная электрическая машина (мощностью до 3 кВт), располагаемая совместно с четырьмя редукторами и аккумуляторной батареей на самоподъемной платформе вертикального или наклонного исполнения.

Синхронная электрическая машина ТУР – 100L2 – В – 15 с двумя рабочими концами вала;  $n_c = 1500$  об/мин. Работая в режиме двигателя, при подъеме платформы, будет работать в режиме генератора, при опускании платформы, обеспечивая электрическое питание таких нагрузок как холодильник, кондиционер; вес синхронного двигателя – генератора – 32 кг.

Если  $P_{сд} = 3$  кВт при  $n_c = 1500$  об/мин, т.е.

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/сек}$$

$$\text{то, } M = \frac{P_{сд}}{\omega_c} = \frac{3 \cdot 10^3}{157} = 19,1 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Цена – 1600 сомони

3) системы из четырех цилиндрических редукторов

- ЦЗУ – 160 – 2 шт. с передаточным отношением  $i = 200$ ; общий вес – 220 кг; номинальный крутящий момент на выходном валу –  $M_{\text{тих.в}} = 1250$  н · м; скорость на входе – 1500 об/мин; размеры  $L=630$  мм,  $B=212$  мм,  $H=345$  мм; общая стоимость  $6000 \cdot 2 = 12000$  сомони; ЦЗН – 500 – 2 шт. с передаточным отношением  $i = 200$ ; общий вес –  $2300 \cdot 2 = 4600$  кг;  $M_{\text{тих.в}} = 56000$  н · м; Размеры  $L=1780$  мм,  $B=700$  мм,  $H=1055$  мм.

Общая стоимость  $34000 \cdot 2 = 68000$  сомони

4) системы из 20 бетонных кубов ( $1\text{ м}^3$ ) общим весом  $20 \cdot 2 = 40$  тонны. Стоимость  $1\text{ м}^3$  – 450 сомони, общая стоимость:  $450 \cdot 20 = 9000$  сомони; Стоимость 4000 кг. металлоконструкции – 40000 сомони.

Таким образом общий вес платформы:

$$200 + 32 + 220 + 4600 + 40000 + 4000 = 49052 \text{ кг.}$$

Потенциальная энергия общего груза при  $h = 10$  м составит:

$$\mathcal{E}_n = m \cdot g \cdot h = 49052 \cdot 9,8 \cdot 10 = 4807096 \text{ Дж} = 4,81 \text{ МДж} = 1,335 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Скорость выходного вала 2 – го редуктора:

$$\frac{1500}{200 \cdot 200} = 0,0375 \text{ об/мин}$$

Скорость подъема платформы должна быть  $10\text{ м}/3\text{ ч} = 3,3$  м/час

Момент сопротивления груза при использовании выходной шестерни с  $R = 0,2$  м ( $D = 0,4$  м.  $L = 3,14 \cdot 0,4 = 1,256$  м) составит:

$49052 \cdot 9,8 \cdot 0,2 = 96141,92$  н·м распределится на 2 вала редуктора, т.е. по 48071 н·м.

При этом платформа с нижнего положения достигнет верхней точки т.е.

$$h = 10 \text{ м за } \frac{10}{1,256} = 7,96 \text{ оборотов } \frac{6,37}{0,0375} = 169,9 \approx 170 \text{ мин} = 2,8 \text{ ч.}$$

При этом следует отметить, что синхронный двигатель в номинальном режиме сможет развить на выходном валу редуктора

$$M_{\text{вых.вала редук}} = \frac{19,1 \cdot 40000}{2} = 382000 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Суммарная энергия, накапливаемая ГАЭС составит:

$$\sum \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{АБ}} + \mathcal{E}_n = 30,24 + 4,81 = 35,05 \text{ МДж} = 9,736 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Итоговая стоимость оборудования станции составит:

$$C = C_{\text{АБ}} + C_{\text{СМ}} + C_{\text{БК}} + C_{\text{ЦР}} + C_{\text{М}}$$

$$C = 18000 + 1600 + 9000 + 12000 + 68000 + 40000 = 148600 \text{ сомони}$$

## Литература

1) Шамсиев М.В., Собиров Ф.С., Пардаев С.С. Разработка и исследование электрической части гелио – гравитационной аккумулирующей станции (ГГАЭС) мощностью 1 МВт // Материалы международной научно – практической конференции «Электроэнергетика СНГ: Современное состояние и перспективы развития», Душанбе, 2023г., стр. 8 – 12.

2) Шамсиев М.В., Абдулкеримов С.А., Шамсиев А.М. Электрическая гравитационная аккумулирующая станция. Заявка на патент регистрационный номер 2024118579 от 03.07.2024 г. Федеральная служба по интеллектуальной собственности РФ

## Авторы:

к.т.н., доцент **Шамсиев М.В.**

филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,

734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82

Телефон: +992901248349

E-mail: [muqimshamsiev@gmail.com](mailto:muqimshamsiev@gmail.com)

ассистент **Собиров Ф.С.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992938652727  
E-mail: [sobifir@mail.ru](mailto:sobifir@mail.ru)

ассистент **Пардаев С.С.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992919797672  
E-mail: [sohibjon7672@mail.ru](mailto:sohibjon7672@mail.ru)

лаборант **Мамаджанова Д.Т.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992988604644

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ**

*А.К. Киргизов*

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В статье рассмотрены основные вопросы определения графиков нагрузки потребителей сельской местности, питающихся от возобновляемых источников энергии. Так как график нагрузки имеет стохастические параметры, то определить точный параметр графика нагрузки является затруднительным. Для этого используются методы теории вероятности.

**Ключевые слова:** график нагрузки, неопределённость, потребитель, сельская местность.

## **LOAD DETERMINATION IN DESIGNING RURAL POWER SUPPLY SYSTEMS**

*A.K. Kirgizov*

Tajik Technical University named after Academician M. S. Osimi

The article examines the main issues of determining the load schedules of rural consumers powered by renewable energy sources. Since the load schedule has stochastic parameters, it is difficult to determine the exact parameter of the load schedule. For this, probability theory methods are used.

**Keywords:** load schedule, uncertainty, consumer, rural area.

### **Введение**

Определение параметров нагрузки является одной из важных задач, которое нужно учитывать при проектировании систем электроснабжения сельской местности. В основном, параметр нагрузки необходим в тех случаях, когда система имеет большую долю возобновляемых источников

энергии. Точное определение нагрузки в дневном периоде позволяет скорректировать работу всей системы. Известно, что возобновляемые источники энергии очень плотно зависят от погодных условий и неточное планирование работы нагрузки может полностью усугубить работу системы электроснабжения. Во первых, это может привести к увеличению самой системы и дополнительным экономическим расходам. Так как нагрузка сельской местности имеет бытовой характер, то при определении нагрузки нужно учитывать характеристики приборов и оборудования, используемых в быту. Также бытовая нагрузка зависит от времени суток, дня недели и сезона. Точное определение нагрузки особенно в нашей Республике затруднительно из-за нехватки точной информации о потреблении электроэнергии.

Можно лишь приблизительно определить мощность нагрузки по общей информации о количестве приборов и их использовании в дневном интервале.

### **Определение нагрузки потребителей**

Для точного определения нагрузки потребителей необходимо определить нагрузку каждого подключённого прибора в интервале времени суток. Нагрузка бытового прибора определяется по следующему выражению:

$$E_t = \frac{N}{n} \sum P_t \quad (1)$$

где,  $n$  — количество приборов в рассматриваемом домохозяйстве;

$N$  — общее количество приборов домохозяйств;

$P_t$  — номинальная мощность прибора.

Как правило, приборы не могут быть, подключены постоянно в течении суток, поэтому нужно рассмотреть нагрузку приборов в момент времени:

$$E_t = N * \frac{n_t P_t}{n} \quad (2)$$

$n_t$  — количество приборов, включённых в момент времени  $t$

Исходя из того, что нагрузка носит вероятностный характер, то для того, чтобы предположительно определить включён ли прибор в данное время, можно использовать выражение:

$$\omega_t = \frac{n_t}{n} \quad (3)$$

Следовательно, энергия в момент времени  $t$  определяется выражением (4).

$$E_t = N * \omega_t * P_t \quad (4)$$

В ситуациях, когда собранных данных в ходе интервью, можно сделать относительно мало наблюдений, вероятность оценивается с использованием (3) [1].

$$\omega_t = \frac{\text{часы включения прибора в течение периода}}{\text{Общее количество часов в периоде}} \quad (5)$$

### **Определение характеристики нагрузки в зависимости от социально-экономических показателей.**

На формирование графика нагрузки потребителей, особенно бытовых, большое влияние имеет экономическое положение населения, живущих в

данном районе. Поэтому, нужно учитывать тот фактор, что нагрузка не является постоянной, и нужно учитывать вероятность включения приборов в определённые часы, дни недели и месяца.

$$E_t = N * P_{th} * P_{td} * P_{tm} * P_t \quad (6)$$

где  $P_{th}$  — вероятность того, что прибор в категории будет включен в заданный час,  $P_{td}$  — вероятность того, что прибор в категории будет включен в заданный день,  $P_{tm}$  — вероятность того, что прибор в категории будет включён в заданный месяц,  $P_t$  — номинальная мощность прибора.

По своей сути нагрузка является стохастической и не имеет точного периода. В начале необходимо определить вероятность того, что прибор будет включён в сеть. Нагрузка может изменяться случайным образом в интервале от 0 до некоторого значения. Включение необходимого количества приборов во временном интервале будет влиять на пик графика нагрузки и пик времени потребления. Для более точного определения необходимо определить потребление, в часовом интервале используя (6). В этом случае, для каждой категории получается среднее почасовое потребление в течение дня для каждого месяца [2].

$$E_{hi} = \frac{\sum_{d=1}^D E_h}{D} \quad (7)$$

где,  $E_{hi}$  — потребление электроэнергии по часам;  $D$  — количество дней в месяце;  $E_h$  — энергия в каждый час  $i$ -го дня в течении месяца.

Можно получить данные о потреблении электроэнергии по опросам потребителей или проводя статистическое обследование. Однако, это не может гарантировать точную информацию о времени использования приборов. Если мы не можем точно определить, сколько времени прибор будет работать, то можно приблизительно взять интервал времени его использования. Это даёт возможность определить потребление в течении дня. Такой подход, как определение почасового потребления, нужно включить при составлении общей суточной нагрузки. Используя вышесказанное можно определить среднесуточную нагрузку:

$$E_{hi}^* = \frac{E_{hi}}{E_d} \quad (8)$$

где,  $E_{hi}^*$  — вклад каждого часа  $i$  в суточную нагрузку;  $E_{hi}$  — нагрузка в час  $i$ ;  $E_d$  — средняя суточная нагрузка.

Описанная почасовая процедура, и общий график нагрузки обобщены на рисунке 1. Для создания профилей нагрузки использовалось программное обеспечение MATLAB [1,3].

Используя данные, основанные на предварительных обследованиях, были определены категории нагрузки и вероятности  $P_{th}$ ,  $P_{td}$  и  $P_t$  для использования приборов в течение каждого часа, дня недели и месяца соответственно.

Набор инструментов MATLAB был разработан на основе алгоритма, указанного на рисунке 1. Были созданы профили нагрузки, которые показывают изменение нагрузки по месяцам года. На рисунке 2 показано изменение нагрузки для февраля, мая и августа. Эти месяцы приходятся на

низкий, средний и высокий сезон сельскохозяйственных работ [2,4]. Профили, показывающие почасовое потребление в процентах от дневной нагрузки для различных категорий потребителей, показаны на рисунке 2.

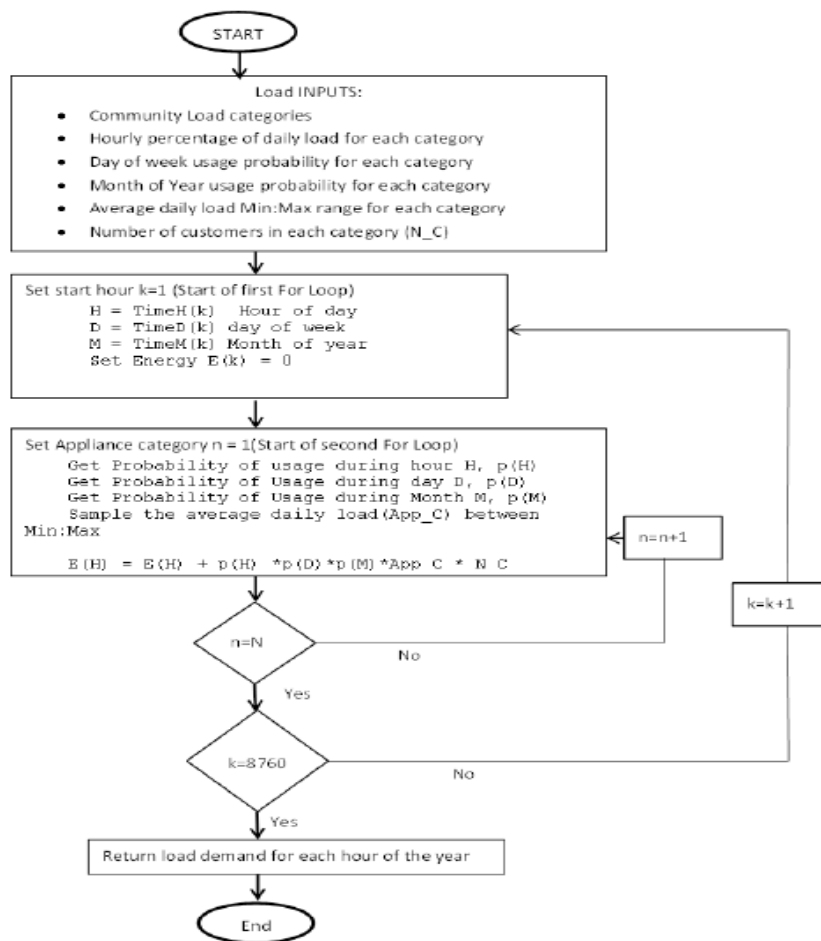


Рис. 1. Блок-схема расчёта потребления энергии за каждый час

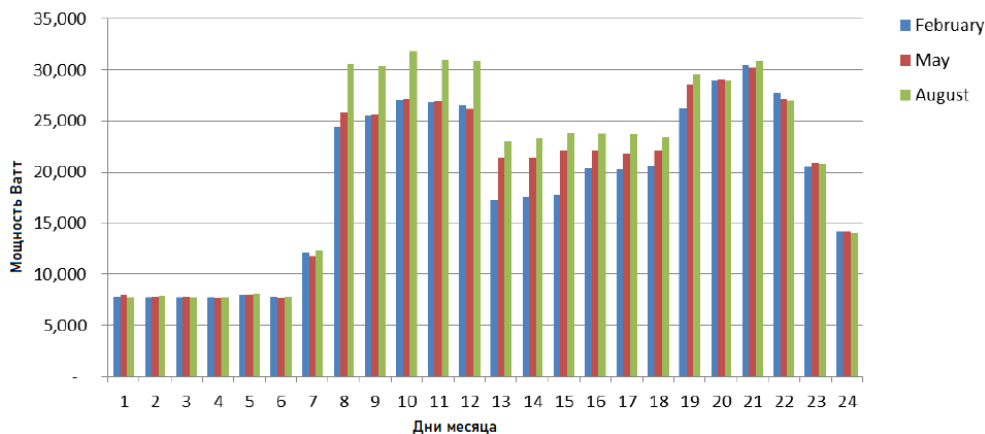


Рис. 2. Среднесуточное изменение нагрузки в течение часа в феврале, мае и августе

### Выводы

В данной статье представлен новый подход к оценке электрической нагрузки при проектировании автономных систем электрификации сельской местности. Этот новый подход улучшает существующие методы оценки нагрузки. Предлагаемый подход использует стохастические методы для более точного моделирования неопределённости в нагрузке.

## Литература

1. Mandelli, S. Strategies for Access to Energy in Developing Countries: Methods and Models for Off-Grid Power Systems Design. Ph.D. Thesis, Politecnico Milano, Milan, Italy, 2015; pp. 1–203.
2. Willis, H.L. Characteristics of Distribution Loads. In Electrical Transmission and Distribution Reference Book; Chapter 24; ABB Power T&D Company Inc.: Raleigh, NC, USA; pp. 784–808.
3. Сенигов, П.Н. Распределительные сети систем электроснабжения: руководство по выполнению базовых экспериментов РССЭС.001 РБЭ (934) / П.Н. Сенигов. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2007. – 25 с.
4. Сенигов, П.Н. Качество электрической энергии в системах электроснабжения: руководство по выполнению базовых экспериментов КЭЭСЭС.001 РБЭ (935) / П.Н. Сенигов. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2007. – 22 с.

### Автор:

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» **Киргизов А.К.**  
ТТУ имени акад. М.С. Осими  
734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а  
Телефон (+992) 934789844  
E-mail: [alifbek@mail.ru](mailto:alifbek@mail.ru)

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*Х.С.С. Сафаров, А.Н. Маматкулов*

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

В статье использованы теория и методы математического и физического моделирования ЭЭС и электрических машин, математического анализа и методы численного решения систем линейных и нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений, расчетов и анализа установившихся режимов и моделирования динамических процессов ЭЭС.

**Ключевые слова:** методы интегрирования, дифференциально-алгебраические уравнения, переходные процессы, численные методы, электроэнергетические системы.

## INTEGRAL ASSESSMENTS OF THE QUALITY OF THE TRANSIENT PROCESS IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

*H.S.S. Safarov, A.N. Mamatkulov*

Karshi engineering economics institute, Karshi city, Uzbekistan

The article uses the theory and methods of mathematical and physical modeling of electric power systems (EPS) and electrical machines, mathematical analysis and methods for numerically solving systems of linear and nonlinear algebraic and differential equations, calculations and analysis of steady-state modes and modeling of dynamic processes of EPS.

**Keywords:** integration methods, differential-algebraic equations, transient processes, numerical methods, electric power systems.

Качество процесса управления определяется поведением автоматической системы при переходе с одного режима работы на другой. Различают следующие основные показатели качества процесса управления: колебательность переходного процесса, максимальное отклонение (перерегулирование) управляемой переменной от заданного значения, точность, время переходного процесса.

В общем случае этот процесс представляет собой сложное движение, характер которого зависит от поведения переходной составляющей и от формы начального участка принужденной составляющей. Для практики важно знать, как быстро система входит в установившийся режим, как велики перерегулирования во время переходного процесса и т.д., т.е. в понятие качества системы управления нужно включить качество переходных процессов [1].

Переходный процесс определяется решением дифференциального уравнения в виде:

$$y(t) = y_{\text{пр}}(t) + y_{\text{св}}(t) \quad (1)$$

где,  $y_{\text{пр}}(t)$  – принужденная составляющая, обусловленная отработкой задающего воздействия,  $y_{\text{св}}(t)$  – переходная (свободная) составляющая, обусловленная отработкой системой ненулевых начальных условий.

В статье при решении дифференциальных уравнений использованы неявные методы численного интегрирования – метод трапеций, заключающийся в предварительном получении разностных уравнений (РУ) отдельных элементов электроэнергетических систем (ЭЭС) и формировании единой системы нелинейных алгебраических уравнений. В соответствии с принятым в модели неявным методом трапеций решение системы дифференциальных уравнений (ДУ) [1, 3]:

$$\frac{dx(t)}{dt} = A \cdot x(t) + B \cdot y(t) = f(x, y, t) \quad (2)$$

удовлетворяющего начальным условиям  $x(t_0) = x_0$ ,  $y(t_0) = y_0$ , с применением формулы трапеций:

$$x_{k+1} = x_k + \frac{h}{2} \cdot (f(x_{k+1}, y_{k+1}, t_{k+1}) + f(x_k, y_k, t_k)) \quad (3)$$

записывается в виде разностной схемы:

$$x_{k+1} = \alpha \cdot y_{k+1} + x_\delta \quad (4)$$

где,  $t_{k+1} = t_0 + (k + 1) \cdot h$ ;  $h$  – шаг интегрирования;  $\alpha = (E - \frac{h}{2} \cdot A)^{-1} \cdot \frac{h}{2} A$  – матрица коэффициентов разностных уравнений.

При моделировании ЭЭС для проведения исследований использованы общепринятые упрощенные уравнения статорной цепи и электромагнитных переходных процессов (ПП) в роторных цепях синхронной машины (СМ), уравнение движения ротора, учитывающее зависимость правой части уравнения от изменения скорости, а также двухзвенные структуры моделей автоматического регулятора возбуждения (АРВ) и автоматического регулятора скорости (АРС) [1,3].

В конечном счете система разностных уравнений на шаге численного интегрирования приобретает следующий вид:



$$\begin{aligned}
1. E'_q &= \alpha_{e'} \cdot E_{qe} + \alpha_{i_{d1}} \cdot I_d + E'_{q\delta} & 8. U_q &= U' \cos(\delta) + U'' \sin(\delta) \\
2. E''_q &= \alpha_{E'_q} \cdot E'_q + \alpha_{i_{d2}} \cdot I_d + E''_{q\delta} & 9. U_d &= -U' \sin(\delta) + U'' \cos(\delta) \\
3. E''_d &= \alpha_{i_q} \cdot I_q + E''_{d\delta} & 10. P_{el} &= U_q I_q + U_d I_d \\
4. s &= \alpha_{P_3} \cdot P_3 + \alpha_{\mu_t} \mu_t + s_\delta & 11. U_P &= \alpha_{vx} U_{vx} + U_{p\delta} \\
5. \delta &= \alpha_s S + \delta_\delta & 12. E_{qe} &= \alpha_U U_P + E_{qe\delta} \\
6. E''_d &= U_d + I_q \cdot x''_q & 13. \mu_t &= \alpha_\psi \psi + \mu_{t\delta} \\
7. E''_q &= U_q + I_d \cdot x''_d & 14. \mu_\rho &= \alpha_{\mu_t} \mu_t + \mu_{\rho\delta}
\end{aligned} \tag{5}$$

Учет комплексной электрической нагрузки в узлах замещения ЭЭС образует обширную совокупность разнообразных потребителей электрической энергии при соединениях к электрической сети через распределительную сеть. Указанное выше представление элементов ЭЭС позволяет записать обобщенные уравнений в форме баланса токов [2]:

$$Y \cdot U = -(I_c + I_\Gamma) \tag{6}$$

где,  $Y$  - квадратная матрица собственных и взаимных узловых проводимостей порядка  $N \times N$  ( $N$  – число узлов в схеме);  $U$  – матрица– столбец узловых напряжений;  $I_c, I_\Gamma$  - матрица – столбцы узловых токов соответственно.

Расчеты переходных процессов на шаге численного интегрирования требуют совместного решения систем нелинейных алгебраических и алгебро-дифференциальных уравнений: уравнений сети и СМ. Для их решения уравнения СМ путем исключения ряда переменных приводятся к виду:

$$I_\Gamma = \gamma_\Gamma \cdot U_\Gamma + I_{\Gamma\delta} \tag{7}$$

Введя преобразования перехода между координатными осями  $d$  и  $q$   $i$ -СМ и синхронно-вращающимися координатами:

$$\Pi_i = \Pi_i^{-1} = \begin{vmatrix} \cos\delta_i & \sin\delta_i \\ \sin\delta_i & -\cos\delta_i \end{vmatrix}$$

узловые токи от СМ в координатах электрической сети записываются в виде:

$$I = \gamma' U_c + I_\delta \tag{8}$$

где  $\gamma'$  - квадратная квазидиагональная матрица, элементы блочных матриц которой получены из (7) с учетом  $\Pi$ :

$$\gamma' = \Pi^{-1} \gamma \Pi; I_\delta = \Pi^{-1} I_{\Gamma\delta} \tag{9}$$

Таким образом, задача расчета ПП ЭЭС сводится к определению узловых напряжений на каждом шаге численного интегрирования путем совместного решения систем (6) уравнений сети и определения переменных СМ по нелинейным разностным уравнениям (5).

Разработанная модель также может быть использована для выбора средств и уставок системной автоматики для управления динамической устойчивости сложных ЭЭС. С этой целью в алгоритмах проводится выявление наиболее опасных связей и сечений. Такое выделение позволяет осуществить ввод опережающего управляющего воздействия локально в этой части ЭЭС, где начинается процесс нарушения устойчивости и тем самым сохранить устойчивость всей системы. В исследуемые схемы (рис.-1) проведены численные расчеты ПП при различных возмущающих

воздействиях, включая 3х-фазные короткие замыкания, возмущения в генерирующих и нагрузочных узлах.

Если система находится в состоянии устойчивого равновесия, то возмущения переведут её в новый установившийся режим со скоростями роторов СМ, равным синхронной  $\omega_0$ . В случае неустойчивости исходного режима задание возмущений приводит к движению отдельных СМ или их групп со скоростями роторов, отличными от синхронной и к прогрессирующему уходу системы от положения равновесия.

В статье рассмотрена возможность использования обобщенных показателей движения, полученных на основе интегральных показателей движения (ИПД) ЭЭС и СМ. Рассмотрена возможность выявления факта сохранения или нарушения устойчивости, анализа сепаратной устойчивости ЭЭС (устойчивость отдельных СМ или их групп при общем неустойчивом режиме в системе) и выявления опасных сечении в электрической схеме сети при различных возмущающих воздействиях. Программная реализация разработанных критериев позволяет в течение небольшого интервала времени (1.3-2.7 сек) распознать характер протекания процесса и произвести деление на подсистемы.

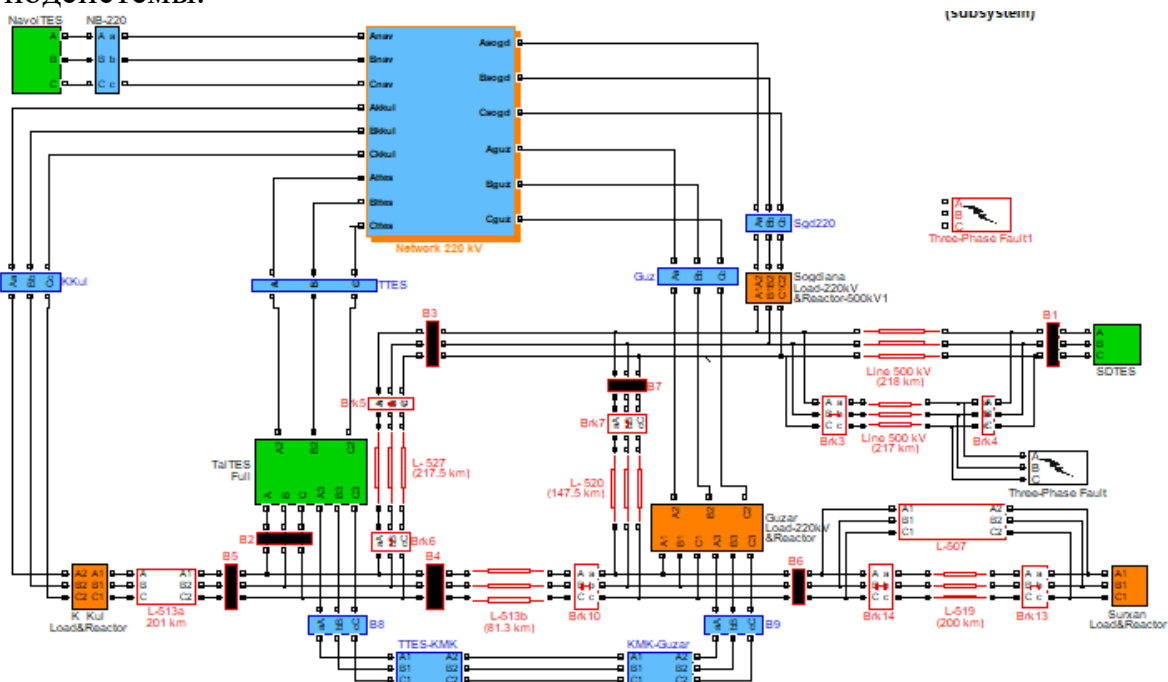


Рис. 1. Тестовая, расчетная схема ЭЭС

ИПД рассчитывается отдельно для каждой СМ на каждом временном шаге численного интегрирования следующим образом:

$$J_i^{n+1} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T |S_i| dt = \frac{1}{T} \left( \int_0^{T-h} |S_i| dt + \int_{T-h}^T |S_i| dt \right) = J_i^n + (|S_i| - J_i^n) \cdot \frac{h}{T} = \left(1 - \frac{h}{T}\right) \cdot J_i^n + \frac{h}{T} \cdot |S_i| \quad (10)$$

где, J – ИПД; S – скольжение СМ; T – интервал анализа устойчивости режима; t – текущее время расчета; i – порядковый номер СМ.

Из (10) видно, что ИПД представляет собой некоторую специфическую интегральную сумму, наиболее характерные геометрические интерпретации

которых приведены на рис-2; случаи а) и б) соответствуют устойчивому переходу энергосистемы к новому установившемуся режиму после ввода возмущений:

а) с номинальной частотой (ИПД имеет один экстремум, система устойчиво):

$$S_i = 0; \lim_{t \rightarrow \infty} J_i = 0; \omega_i = \omega_0$$

б) с ненормальной частотой (ИПД имеет один экстремум, система устойчиво):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} J_i = S_i \ll \varepsilon; \omega_i = \omega_0 + S_i$$

В остальных двух случаях устойчивость системы после ввода возмущений нарушается:

в) в системе устанавливается асинхронный ход, скорости СМ достигают значительных величин (ИПД имеет два экстремума, система неустойчиво):

$$S_i = C_i; \lim_{t \rightarrow \infty} J_i = C_i \gg \varepsilon; \omega_i = \omega_0 + S_i$$

г) введение малого возмущения приводит к прогрессирующему уходу системы от положения равновесия (ИПД имеет два экстремума, система неустойчиво):

$$S_i = \infty; \lim_{t \rightarrow \infty} J_i = \infty$$

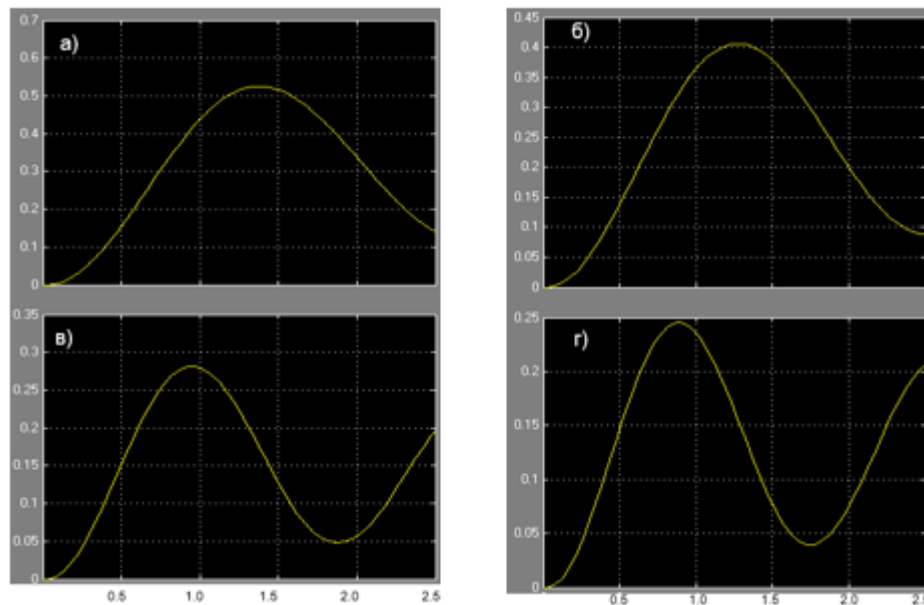


Рис. 2. Результаты расчета при сохранении а, б; и нарушении в, г устойчивости СМ и ЭЭС

### Заключение

Итак, в случае сохранения устойчивой работы СМ после ввода возмущений энергосистема после некоторых колебаний приходит к новому установившемуся режиму, в котором скорости вращения роторов всех СМ по значению равны или близки к синхронной. Величина  $J_i$  уменьшается, уменьшается  $S_i$ , наблюдается спад кривой ИПД. Многочисленные расчеты показали возможность сокращения объема вычислений для исследования устойчивости при использовании ИПД по разработанному алгоритму.

## Литература

1. Куликов, Ю. А. Переходные процессы в электрических системах : учеб. пособие / Ю. А. Куликов.-Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003.-283 с.
2. Фазылов Х.Ф., Насыров Т. Х. Основы теории и расчета установившихся режимов электрических систем. Ташкент: Фан, 1985.76 с.
3. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электроэнергетических системах. М.: Высшая школа. 1970. 472 с.

Авторы:

**Сафаров Холиёр Саййид Сафар угли**

Каршинский инженерно-экономический институт  
180100, Узбекистан г. Карши улица Мустакиллик 225 дом.  
E-mail: [a\\_norboyev@list.ru](mailto:a_norboyev@list.ru)

**Маматкулов Асам Норович**

Каршинский инженерно-экономический институт  
180100, Узбекистан г. Карши улица Мустакиллик 225 дом.  
E-mail: [a\\_norboyev@list.ru](mailto:a_norboyev@list.ru)

## ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОГНАЗИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА

*Н. Хасанзода, С.Р. Юнусов, Дж.У. Амроев, С.Н. Хайдаров*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В работе построена нечеткая регрессионная модель прогнозирования скорости ветрового потока. Показано, что на основе этих прогнозных значений на каждые три часа вперед на суточном интервале позволяет предсказать мощность, генерируемую альтернативными источниками энергии. Предложена новая вероятностная модель генерирующей способности ветроэнергетической установки с учетом флуктуации скорости ветрового потока, относительно математического ожидания на заданном интервале времени.

**Ключевые слова:** Альтернативные источники энергии, генерирующий потребитель, двусторонний поток энергии, ветроэнергетическая станция, оптимизационная модель.

# ESTIMATION OF WIND ENERGY POWER PLANTS CAPACITY BASED ON A FUZZY REGRESSION MODEL FOR WIND SPEED FORECASTING

*N. Hasanzoda, S.R. Yunusov, J.U. Amroev, S.N. Haidarov*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The work constructs an odd regression model for predicting wind flow speed. It is shown that based on these forecast results three hours ahead in the daytime interval, it is possible to predict the power generated by alternative energy sources. A new probabilistic model for generating the capabilities of a wind power plant is proposed, taking into account fluctuations in wind flow speed, respectively, the mathematical expectation at a given time interval.

**Keywords:** Renewables, generating consumer, two-way energy flow, wind power station, optimization model.

## **Введение**

В настоящее время все большее значение в электроэнергетике играют альтернативные и возобновляемые источники энергии, которые улучшают экологическую обстановку и позволяют отдельным активным электропотребителям иметь собственные источники генерации энергии. Наряду с этим, взаимосвязи между источниками генерации и электропотребителями усложняются за счет новых требований к балансированию режимов, что объясняется некоторой непредсказуемостью генерации энергии альтернативными источниками, а также необходимостью подключения дополнительных объектов в виде накопителей энергии.

При этом современная тенденция состоит в повышении роли информационных и компьютерных технологий для создания человеко-машинных систем поддержки принятия решений. Эти системы, в свою очередь, должны использовать те или иные методы искусственного интеллекта, которые позволяют выполнить интеллектуализацию режимных и производственных процессов в электроэнергетике. Наибольший интерес представляют новые методы искусственного интеллекта и информационных технологий, основанные на теории нечетких множеств, нечеткой логике, генетических алгоритмах и методах роевого интеллекта, позволяющие оптимизировать электрические режимы и минимизировать материально-финансовые затраты, что существенно повышает энергоэффективность, как отдельных устройств, так и системы в целом.

## **Нечеткая модель скорости ветра**

Основные параметры ветрового потока и других параметров альтернативных источников энергии могут быть описаны с помощью лингвистических переменных. Иначе говоря, эти переменные могут быть представлены не только в виде чисел, а также в виде слов и предложений вербальной модели, на естественном языке субъекта. В качестве математического аппарата для согласования разговорного языка субъекта или

лица принимающего решения, с формальным языком, характерного для вычислительных процедур необходимо использовать основные понятия и термины теории нечетких множеств.

Для построения нечетких моделей необходимо принять функции принадлежности, той или иной формы, которые определяют смысл лингвистических переменных, лежащих в основе математической модели. Общепринято, что скорость ветрового потока может быть охарактеризована шкалой Бофорта, которая представлена в таблице 1 [1].

Можно отметить, что скорости ветра может быть представлено разными параметрами, а именно: баллами, лингвистическими переменными с оценкой интервалов скорости ветра, для каждой из них и воздействием на ветроустановки [2]. При этом шкале Бофорта выделено 12 основных оценок скорости ветра.

Однако в настоящей работе рассматривается 8 основных лингвистических оценок скорости ветра, начиная с легкого ветра, в связи с тем, что разворот ветротурбин начинается именно с этой скорости и выше. Штиль и отсутствие ветрового потока, когда скорость ветра равно нулю не представляют интереса с энергетической точки зрения. Наряду с этим, такие лингвистические оценки скорости ветра, как шторм и ураган также неприемлемы, поскольку не предусмотрены по механической прочности и вибрационной устойчивости конструктивным исполнением ВЭУ.

При представлении скорости ветра в виде некоторых интервальных оценок, например, от 3,6 до 5,8 м/с ветер, как лингвистическая переменная оценивается, как «умеренный».

Для повышения достоверности оценки мощности ветроэнергетических установок воспользуемся нечетким представлением скорости ветра в виде некоторых функции принадлежности. На этой основе представим традиционную шкалу Бофорта в виде соответствующих функций принадлежности лингвистических переменных скорости ветрового потока. Для каждой лингвистической переменной скорости ветра, приведенной шкалы Бофорта, выбраны треугольной функции принадлежности. В этом случае значение принадлежности  $\mu = 0,5$  для точек значения силы ветра будут иметь равноценный значение по отношению к соседней лингвистической переменной. При  $\mu = 1$  значение скорости в каждом диапазоне будет равно  $(V_{\max} + V_{\min}) / 2$ .

Наиболее удобной формой функций принадлежности для некоторых заданных интервалов является её представление в виде аналитической форме с помощью треугольных  $L-R$  (Left-Right) функций [3].

На рисунке 1 эти функции принадлежности представлены для всех лингвистических переменных шкалы Бофорта. При рассмотрении функции принадлежности скорости ветра необходимо учитывать принадлежность на интервале от 0 до 1, поэтому каждое значение лингвистической переменной в своем основании будет иметь значение  $\mu = 0$ .

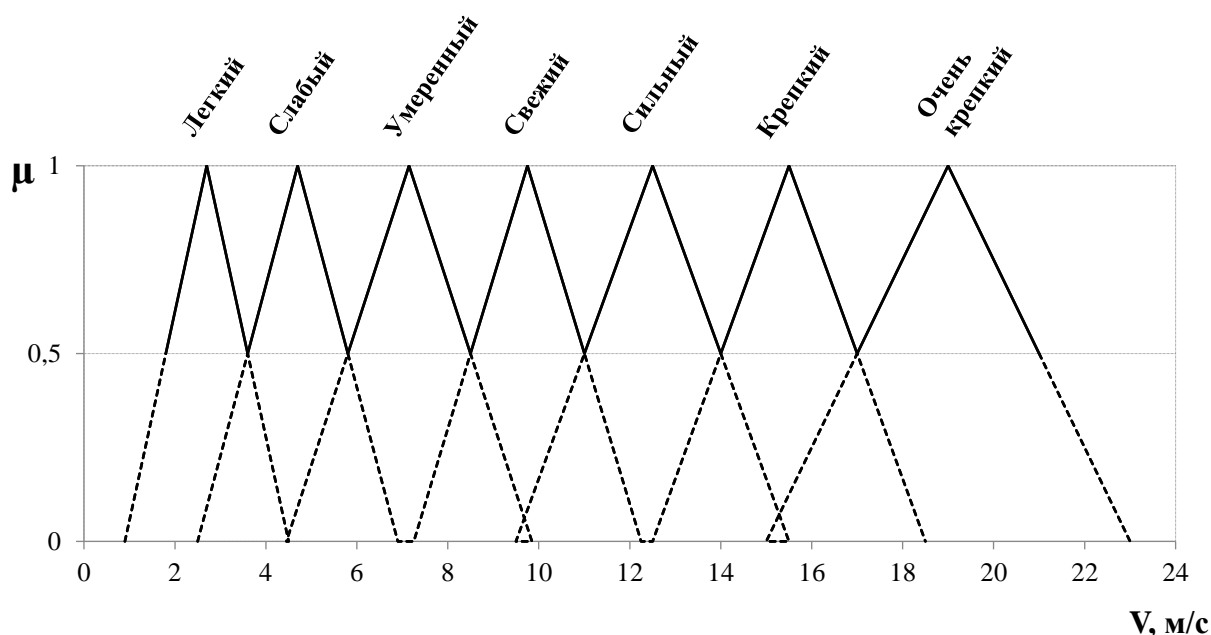


Рис. 1. Функции принадлежности лингвистических переменных скорости ветра

### Оценка мощности ВЭУ на основе прогноза ветрового потока

Мощность на выходе ВЭУ напрямую зависит от скорости ветрового потока, который сильно изменяется во времени, от местной погоды и поверхности местности. Зависимость между скоростью ветра, проходящего через ометаемую площадь установки  $A$  ( $\text{м}^2$ ) и мощности выражается через формулу:

$$P_{\text{дет.}} = C_p \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{V^3}{2}, \quad (1)$$

где,  $\rho$  — плотность воздушного потока ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), зависящая от температуры и давления воздуха,  $A$  — площадь, ометаемая лопастями,  $V$  — скорость ветра,  $C_p$  — коэффициент эффективности ВЭУ.

Один из простых методов преобразования скорости ветра в мощность — это использование характеристики мощности от производителя конкретной установки. Подобный метод и результаты исследования подробно описаны в работе [4]. Приведённая математическая модель (1), является детерминистической, так как она не учитывает вероятностные отклонения от некоторого среднего значения на некотором интервале времени, то есть флуктуацию (колебания), скорости ветрового потока, что имеет место в реальной действительности.

Известно, что при нелинейной зависимости между входным и выходным возмущениями (сигналами), возникает смещения математического ожидания выходного сигнала от дисперсии входного сигнала. Так, например, это наглядно видно, при квадратичной зависимости потерь активной мощности от тока в линиях электропередачи в детерминистическом варианте, при токе  $I$  и сопротивлении  $R$ , равны:

$$\Delta P_{\text{дет.}} = I^2 \cdot R, \quad (2)$$

В стохастической постановке задачи, то есть при учете флуктуации тока потери равны:

$$\Delta P_{\text{сто.}} = (\overline{I^2} + D_I) \cdot R = \overline{I^2} \cdot R + D_I \cdot R, \quad (3)$$

Иначе говоря, детерминистическое решение является частным случаем от стохастического решения. Подобным образом можно установить вероятностную зависимость между скоростью ветра с учетом её флуктуации и выработкой мощности ветроустановкой.

Разработку новой вероятностной математической модели оценки мощности, вырабатываемой ВЭУ, выполним через начальные и центральные моменты случайной величины, в качестве которой выбрана скорость ветрового потока. Результирующее выражение имеет вид:

$$P_{\text{сто.}} = \frac{C_p \cdot \rho \cdot A}{2} \cdot (\overline{V^3} + \overline{V} \cdot \sigma_V^2). \quad (4)$$

При сравнении (1) и (4) видно, что учет флуктуации скорости ветра, смещает математическое ожидание, вырабатываемой мощности ВЭУ в сторону большего значения. Иначе говоря, флуктуации ветрового потока (скорости ветра) позволяет увеличить вырабатываемую мощность, что обусловлено нелинейной зависимостью мощности от скорости ветра.

Таблица 1.

Выработка активной мощности ВЭУ при фактических и прогнозных значениях скорости ветра

Время суток	m <sub>x</sub>			D <sub>x</sub>		σ <sub>x</sub>		P <sub>дет.</sub> , МВт		P <sub>сто.</sub> , МВт	
	Ф	П	σ, %	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П
0	14	12,2	12,9	13,68	7,88	3,70	2,81	2,05	2,05	2,05	2,05
3	10	13,1	31,0	11,47	12,32	3,39	3,51	1,18	2,05	1,31	2,05
6	11	13,4	21,8	7,69	11,11	2,77	3,33	1,56	2,05	1,66	2,05
9	11	12,6	14,5	11,12	13,73	3,33	3,70	1,56	2,05	1,71	2,05
12	15	11,9	20,7	31,00	12,51	5,57	3,54	2,05	1,98	2,05	2,05
15	13	10,3	20,8	17,49	11,18	4,18	3,34	2,05	1,28	2,05	1,42
18	15	14,7	2,0	28,71	26,24	5,36	5,12	2,05	2,05	2,05	2,05
21	14	10,7	23,6	17,49	8,65	4,18	2,94	2,05	1,44	2,05	1,55
24	14	12,2	12,9	13,68	7,88	3,70	2,81	2,05	2,05	2,05	2,05

Из табл. 2 следует, что погрешность в прогнозировании математического ожидания скорости ветра на три часа в период составляет 17,8 %.

На рисунке 2 представлены графики выработки мощности ветроустановки при детерминистической модели ветра (1) и вероятностной модели с учетом среднеквадратического отклонения скорости ветра (4).



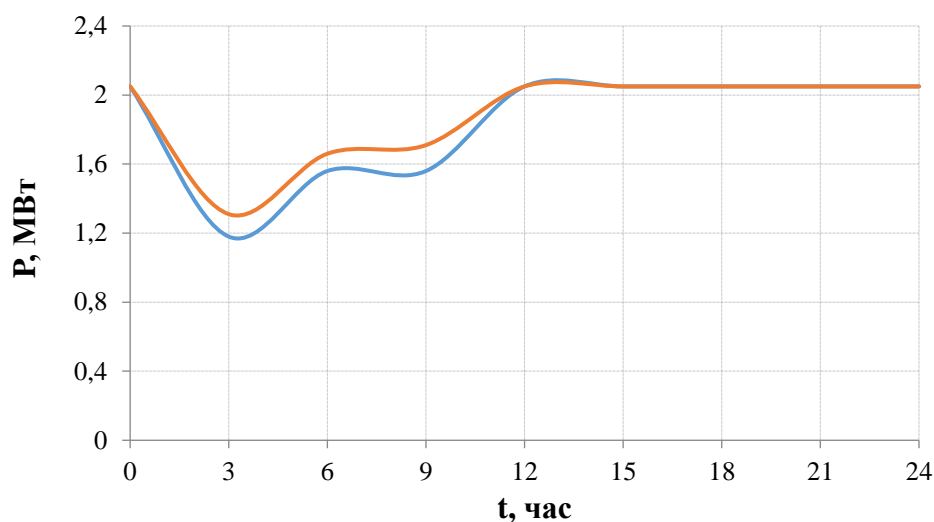


Рис. 2. Выработка активной мощности ВЭУ на суточном интервале с учетом обеих моделей ( $P_{дет.}$  – синяя линия и  $P_{сто.}$  – красная линия)

Из графика видно, что при значительных значениях среднеквадратического отклонения скорости ветра от 0 до 12 часов вероятностная модель позволяет учесть некоторую дополнительную мощность от флуктуации скорости ветра.

### Заключение

1. Определено семейство нечетких функций принадлежности лингвистических переменных скорости ветра по шкале Бофорта в виде треугольных L-R – функций и выведены аналитические выражения характерных функции принадлежности для тех лингвистических переменных скоростей ветра, при которых возможна работа ветроустановок.

2. Предложена новая математическая модель для оценки максимальной выработки мощности ветроустановки с учетом вероятностных отклонений скорости ветрового потока от его математического ожидания. Показано, что неперриодические колебания скорости ветра позволяют на 6–7% увеличить мощность ветроустановки на величину  $(\bar{V} \cdot \sigma_V^2)$ . Предложенная модель подана в качестве заявки на полезную модель.

### Литература

1. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; пер. с англ. Н.И. Ринго; под ред.: Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского. – Москва: Мир, 1976. – 165 с.
2. Манусов, В.З. Применение методов искусственного интеллекта в задачах управления режимами электрических сетей Smart Grid / В.З.Манусов, Н. Хасанзода, П.В. Матренин – Новосибирск: Издательство Новосибирский государственный технический университет, 2019 – 240 с.
3. Takagi T. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15. – no. 1. – pp. 116–132.

4. Manusov V.Z. Swarm algorithms in dynamic optimization problem of reactive power compensation units control / V.Z. Manusov, P.V. Matrenin, N. Khasanzoda // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 9, No. 5, October 2019, pp. 3967–3974 ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijece.v9i5.pp 3967-3974.

**Авторы:**

Научный руководитель:

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» **Хасанзода Н.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон (+992) 935338080

E-mail: [nasrullo-5445@mail.ru](mailto:nasrullo-5445@mail.ru)

магистр **Юнусов С.Р.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Хайдаров С.Н.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Амроев Дж.У.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Н. Хасанзода, С.Н. Хайдаров, С.Р. Юнусов, Дж.У. Амроев*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В работе оптимизация коэффициентов трансформации с помощью алгоритмов роевого интеллекта. Проведено сравнение детерминированных методов, таких как направленный перебор и использование списка нечетких правил со стохастическим алгоритмом роя частиц.

**Ключевые слова:** оптимизация, коэффициент трансформации, алгоритм.

## **OPTIMIZATION OF TRANSFORMATION COEFFICIENTS USING SWARM INTELLIGENCE ALGORITHMS**

*N. Hasanzoda, S.N. Haidarov, S.R. Yunusov, J.U. Amroev*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The paper deals with the optimization of transformation coefficients using swarm intelligence algorithms. Deterministic methods such as directed enumeration and the use of a list of fuzzy rules are compared with the stochastic particle swarm algorithm.

**Keywords:** optimization, transformation coefficient, algorithm.

Потери мощности в электрических сетях представляют собой один из важных показателей экономичности и эффективности их работы. Потерями в электросетях называют разницу между переданной производителем электроэнергией и учтенной электроэнергией потребителя. Потери возникают в силовых трансформаторах, в линиях электропередачи особенно при передаче энергии на большие расстояния.

Регулирование напряжения в узлах электроэнергетической системы позволяет решать следующие основные задачи:

- обеспечение баланса выработки и потребления электрической энергии;
- обеспечение требуемого уровня напряжения на выводах потребителей электрической энергии.

Появление в сети распределенных средств регулирования режима напряжения, принадлежащих разным субъектам, имеющих собственные цели регулирования, определяет необходимость качественно нового решения задачи регулирования напряжения в электрических сетях. Требуется разработка новых методов для управления режимов работы систем электроснабжения, включающих распределенную генерацию. В настоящее время во всем мире обратили внимание на создание интеллектуальных сетей электроснабжения.

В сетях высокого и среднего напряжений протекают большие мощности, сопровождаемые большими потерями. Задача снижения потерь электроэнергии при передаче может решаться с помощью поперечного регулирования напряжения.

Задача регулирования напряжения может быть решена путем настройки коэффициентов трансформаторов в сети. В настоящее время задача выбора положения анцапф трансформаторов, как правило, решается с помощью разбиения задачи на отдельные части с оптимизацией каждой из них [1-3], либо с использованием эвристических правил, часто основанных на нечеткой логике [4, 5]. При этом для оптимизации систем электроснабжения целесообразно применять стохастические популяционные алгоритмы, которые способны находить квазиоптимальные решения за приемлемое время и, главное, самостоятельно адаптироваться под условия решаемых задач и топологии оптимизируемых систем.

В данной работе проводится сравнение детерминированных методов, таких как направленный перебор и использование списка нечетких правил со стохастическим алгоритмом роя частиц.

Описание рассматриваемой системы электроснабжения:

В качестве расчетной системы выбран фрагмент электроэнергетической системы Таджикистана. Данные по 17 наиболее важным трансформаторам энергосистемы приведены в таблице 1.

В таблице 1 использованы следующие обозначения:

- Id – номер трансформатора,
- ВН – номер узла высокого напряжения,

- СН – номер узла среднего напряжения,
- НН – номер узла низкого напряжения.

Таблица 1

Используемые трансформаторы

Id	ВН	СН	НН
1	7	9	8
2	7	9	8
3	15	20	16
4	15	20	16
5	15	20	16
6	1	3	2
7	1	3	2
8	24	25	41
9	24	25	42
10	4	6	5
11	4	6	5
12	21	23	22
13	21	23	22
14	11	18	45
15	17	18	19
16	17	18	19
17	14	13	12

Все указанные трансформаторы имеют возможность регулирования напряжения посредством переключения с 15 ступенями и шагом между коэффициентами 1.78. Сведения по узлам сети даны в таблице 2.

**Алгоритм направленного перебора**

Рассматриваемая задача является комбинаторной задачей оптимизации. Общее число всевозможных решений-комбинаций задачи можно определить, исходя из количества регулируемых трансформаторов (17) и количества возможных положений анцапф (15). Общее число комбинаций составляет  $15^{17}$ , то есть порядка  $10^{20}$ . Очевидно, что применить полный перебор всех возможных комбинаций невозможно на практике. Применение метода ветвей и границ или симплекс-метода тоже не подходит для данной задачи, поскольку для рассматриваемой сети необходима громоздкая система дифференциальных уравнений, которая решается приближенно. Кроме того, данная комбинаторная задача относится к классу NP-полных, так как может быть сведена к задаче выполнимости булевых формул [6]. Поэтому время, требуемое для ее точного решения, экспоненциально возрастает с увеличением числа трансформаторов.

Параметры напряжения, активной и реактивной мощностей в установившемся режиме

№ п/п	U <sub>ном.</sub> кВ	P, МВт	Q, МВар	№ п/п	U <sub>ном.</sub> кВ	P, МВт	Q, МВар
1	230	179.5	134.6	25	115	0	0
2	11	28	19.6	30	11	-70	-46.1
3	115	163	117.4	31	11	-60	-39.5
4	115	0	0	32	230	0	0
5	11	0	0	33	230	0	0
6	38	18.5	12.9	34	230	0	0
7	230	109	76.3	35	230	0	0
8	11	0	0	36	230	0	0
9	115	0	0	37	230	0	0
10	230	-459	-302.7	38	230	0	0
11	230	0	0	39	230	0	0
12	7	4	2.4	40	230	0	0
13	38	12	8.4	41	11	-70	-24.5
14	230	0	0	42	11	-70	-46.1
15	230	0	0	43	230	0	0
16	11	14	9.8	45	11	-60	-29.9
17	230	0	0	44	230	0	0
18	38	45	30.1	46	230	0	0
19	11	15	9.3	47	230	0	0
20	115	124	86.8	48	115	0	0
21	115	0	0	49	115	0	0
22	11	8.4	6.3	50	115	0	0
23	38	20	13.6	51	115	0	0
24	230	0	0				

Необходимо применить метод, который, во-первых, находил бы решение за приемлемое время, во-вторых, позволил бы искать решения оптимизационной задачи, как черного ящика. Второе требование связано с высокой сложностью интеграции оптимизационных методов в математические модели, используемые для расчетов режимов электросетей.

Простым в реализации, быстрым в расчетах и при этом обеспечивающим некоторый уровень повышения энергоэффективности системы является направленный перебор, организованный следующим образом [3].

1. задается текущее положение анцапф всех регулируемых трансформаторов.

2. Пусть  $k$  – номер рассматриваемого трансформатора, начать с  $k = 1$ .

3. Если  $k$  не превышает число трансформаторов, то перейти к пункту 4. Иначе к пункту 6.

4. Выполняется расчет установившегося режима для всех 15 возможных положений анцапф трансформатора  $k$ . Положение, при котором потери активной мощности в линиях сети наименьшие, сохраняется в качестве текущего положения.

5.  $k = k + 1$ . Перейти к пункту 3.

6. Если при выполнении пунктов 4 и 5 не было зафиксировано улучшение целевой функции, то завершить работу. Иначе перейти к пункту 2.

Алгоритм выполняет локальный поиск, перебирая все возможные положения анцапф каждого трансформатора по очереди. В случае, когда взаимное влияние трансформаторов мало, алгоритм может за 1-3 прохода по всем трансформаторам найти оптимальное или близкое к оптимальному решение. Но в противном случае, эффективность метода может оказаться невысокой из-за попадания в одни и те же локальные экстремумы на каждой итерации. Этот недостаток присущ и другим эвристическим методам, оптимизирующим части системы по отдельности [1].

В работах [3, 5] показано, что данный алгоритм можно усовершенствовать, используя числа Фибоначчи, либо нечеткую логику. При этом снижается время работы алгоритма за счет сокращения перебираемых вариантов. Но качество получаемых решений остается таким же, как и у направленного перебора. При этом для применения аппарата нечеткой логики сопряжено со значительными трудозатратами по составлению нечетких входных и выходных лингвистических переменных, и правил, описывающих выбор положений анцапф трансформаторов в той или иной ситуации [4]. Поэтому в данной работе прямое экспериментальное сравнение этих методов не проводится. Для экспериментов выбран более простой в реализации алгоритм направленного перебора, описанный выше. В качестве альтернативы рассмотрен метод, основанный на совершенно другом механизме, а именно алгоритм роя частиц.

### **Заключение**

Таким образом, наилучшее решение по снижению потерь активной мощности в системе достигается с помощью алгоритма роевого интеллекта. При оптимизации с использованием метода роевого интеллекта в рассматриваемой сети можно добиться снижения потерь активной мощности с 48.01 МВт до 45.83 МВт, т.е. на 2.18 МВт или 4.5%. Эта величина снижения потерь активной мощности обеспечивает экономию 1,9 миллиона сомони ежегодно.

В наилучшем решении среднее положение анцапф оказалось равным 9. Хотя, априори можно было предположить, что это значение должно быть близким к максимальному значению 16, поскольку потери активной мощности снижаются с ростом напряжения. Такое предположение может быть справедливым для радиальных сетей, в которых взаимные влияния различных сегментов сети слабые. Для рассмотренной не радиальной сети это предположение опровергнуто проведенным экспериментом.

Показано, что применение алгоритма роя частиц эффективнее и проще в реализации, чем метода направленного перебора и метода, основанного на эвристических правилах с использованием нечеткой логики. Алгоритм роя частиц может давать удовлетворительные решения и без настройки параметров. Тем не менее, показано, что правильный выбор значения

параметра, ограничивающего скорости частиц, может дать дополнительный прирост качества решений.

### **Литература**

1. Robbins B.A., Zhu H., Domínguez-García A.D. Optimal Tap Setting of Voltage Regulation Transformers in Unbalanced Distribution Systems. IEEE Transactions on Power Systems, 2016, vol. 31, iss. 1, pp. 256-267. doi: 10.1109/TPWRS.2015.2392693.
2. Huang S., Pillai J.R., Liserre M., Bak-Jensen B. Improving photovoltaic and electric vehicle penetration in distribution grids with smart transformer. Proc. Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE), 2013 4th IEEE/PES, 6-9 Oct. 2013. doi: 10.1109/ISGTEurope.2013.6695282.
3. Манусов В. З., Сидоркин Ю.М. / Метод оптимизации коэффициентов трансформации // Режим электрических сетей. Новосибирск, 1974. С. 51-56.
4. Spatti D.H., Da Silva I.N., Usida W.F., Flauzino R.A. Fuzzy Control System for Voltage Regulation In Power Transformers. IEEE Latin America Transactions, 2010, vol. 8, iss. 1, pp. 51-57. doi: 10.1109/TLA.2010.5453946.
5. Zhmak E. I., Manusov V.Z. Obosnovanie principa nechetkogo regulirovaniya naprjazhenija s pomoshh'ju RPN transformatorov [Substantiation of the principle of fuzzy voltage regulation by means of transformers with voltage regulation] Elektroenergetika – Power engineering, Novosibirsk, 2002. pp. 32-34.
6. Skiena S. The Algorithm Design Manual. London, 2008. 730 p.

### **Авторы:**

Научный руководитель:

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» **Хасанзода Н.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон (+992) 935338080

E-mail: [nasrullo-5445@mail.ru](mailto:nasrullo-5445@mail.ru)

магистр **Юнусов С.Р.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Хайдаров С.Н.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Амроев Дж.У.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

# РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЭП 500 кВ

*Дж.Б. Рахимзода, Р.Дж. Рахматов, С.Х. Наимов, М.М. Темирова*  
Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе,  
Таджикистан

В статье выполнен расчет установившегося режима электрической сети с номинальным напряжением 500 кВ.

**Ключевые слова:** электрическая сеть, режим, пропускная способность, номинальное напряжение, сопротивление.

## CALCULATION OF THE CAPACITY OF A 500 KV POWER LINE

*J.B. Rahimzoda, R.J. Rakhmatov, S.Kh. Naimov, M.M. Temirova*  
Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The article presents a calculation of the steady-state mode of an electrical network with a nominal voltage of 500 kV.

**Keywords:** electrical network, mode, capacity, nominal voltage, resistance.

### Введение

Пропускная способность воздушной линии электропередачи (ВЛ) – это наивысшая активная мощность, которая может быть передана по линии с учетом всех режимно-технических ограничений. Оценка этой величины представляет собой сложную задачу, поскольку необходимо учитывать взаимодействие между различными параметрами линии и электрической системы, а также поведение линии при различных длинах и режимах эксплуатации.

Пропускная способность ВЛ ограничена рядом факторов, связанных с надежностью и безопасностью работы энергосистемы. Основные ограничения включают статическую, динамическую и результирующую устойчивость:

Статическая устойчивость отражает способность системы возвращаться к исходному состоянию после малых возмущений.

Динамическая устойчивость отражает способность системы восстанавливать равновесие после крупных возмущений, таких как аварийное отключение одного из элементов.

Результирующая устойчивость - совокупный показатель устойчивости, учитывающий взаимодействие статической и динамической устойчивостей.

Ограничения по нагреву проводов:

В ЛЭП сверхвысокого напряжения (СВН) необходим контроль температуры проводов для предотвращения их повреждения из-за перегрева, который может возникать как в длительном режиме, так и в кратковременных режимах при повышенных нагрузках. При проектировании линии учитываются допустимые значения нагрева, особенно для двухцепных линий, где аварийное отключение одной из цепей может привести к повышенной



нагрузке на оставшуюся цепь.

Диапазоны регулирования РПН (регуляторы под нагрузкой) трансформаторов и автотрансформаторов:

Устройства регулирования напряжения, такие как РПН, позволяют поддерживать напряжение в пределах допустимых значений. Пропускная способность ВЛ ограничивается диапазоном, в котором РПН могут эффективно компенсировать изменение напряжения в условиях нагрузки.

Допустимые уровни напряжения:

Для безопасности и стабильности работы оборудования существуют ограничения на максимальные значения напряжения, которые могут быть допущены на протяжении линии и на её концах. Эти ограничения необходимы для предотвращения повреждения оборудования и излишних потерь мощности.

### Постановка задачи и исходные данные

Исследуемым объектом является линия 500 кВ от Нурекской ГЭС до ПС Сугд.

На рис. 1. представлена конфигурация электрической сети.

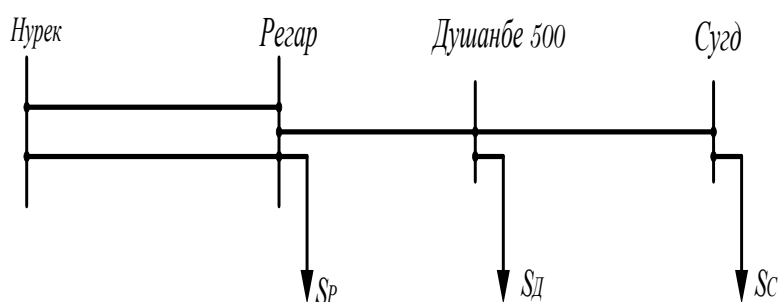


Рис. 1. Конфигурация электрической сети

Параметры воздушных ЛЭП электрической сети следующие:

1. Нурек – Регар: длина ЛЭП 1 – 114,9 км; длина ЛЭП 2 – 110,9 км; марка провода 3·АСО-400; удельное активное сопротивление  $r_0=0,025$  Ом/км; удельное индуктивное сопротивление  $x_0=0,306$  Ом/км; удельная реактивная проводимость  $b_0=3,62 \cdot 10^{-6}$  См/км;

2. Регар – Душанбе 500: длина ЛЭП – 50 км; марка провода 3·АСО-400; удельное активное сопротивление  $r_0=0,025$  Ом/км; удельное индуктивное сопротивление  $x_0=0,306$  Ом/км; удельная реактивная проводимость  $b_0=3,62 \cdot 10^{-6}$  См/км;

3. Душанбе 500 – Сугд: длина ЛЭП – 213 км; марка провода 3·АСО-400; удельное активное сопротивление  $r_0=0,025$  Ом/км; удельное индуктивное сопротивление  $x_0=0,306$  Ом/км; удельная реактивная проводимость  $b_0=3,62 \cdot 10^{-6}$  См/км.

Для анализа установившихся режимов работы электрических систем требуются значения активной и реактивной нагрузки. Физическая природа потребления активной и реактивной мощности электрической нагрузки зависит от приложенного напряжения и частоты в электрической системе.

Такие зависимости называются статическими характеристиками нагрузок по частоте и напряжению.

В расчетах установившихся режимов при моделировании электрических нагрузок с учетом статических характеристик напряжения можно рассматривать наиболее точный способ учета потребляемой мощности нагрузки. Однако для получения фактических статических характеристик требуются экспериментальные исследования, а для выбора типичных статических характеристик должен быть известен состав нагрузки, который может сильно изменяться во времени.

Учитывая эти трудности можно использовать самую простую модель нагрузки:  $P = const; Q = const$  [1].

Значения нагрузок на ПС: Регар –  $S_P=(900+j350)$  МВА; Душанбе 500 –  $S_{Д-500}=(380+j147)$  МВА; Сугд –  $S_C=(514+j198)$  МВА.

При расчете установившегося режима работы потери мощности в силовых трансформаторах не учитываем.

На рис. 2. представлена схема замещения электрической сети для расчета установившегося режима.

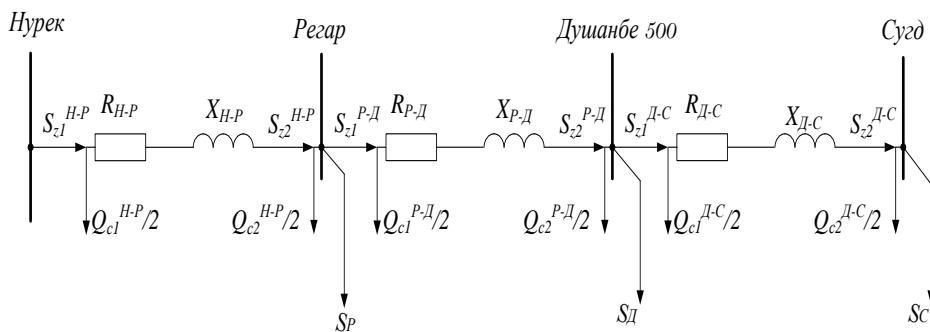


Рис. 2. Схема замещения электрической сети для расчета установившегося режима

Определяем активные сопротивления ЛЭП схемы замещения.

$$R_{H-P} = \frac{(r_0 \cdot l_1) \cdot (r_0 \cdot l_2)}{r_0 \cdot (l_1 + l_2)} = \frac{(0,025 \cdot 114,9) \cdot (0,025 \cdot 110,9)}{0,025 \cdot (114,9 + 110,9)} = 1,4110 \text{ Ом};$$

$$R_{P-Д} = r_0 \cdot l = 0,025 \cdot 50 = 1,250 \text{ Ом};$$

$$R_{Д-С} = r_0 \cdot l = 0,025 \cdot 213 = 5,3250 \text{ Ом}.$$

Определяем индуктивные сопротивления ЛЭП схемы замещения.

$$X_{H-P} = \frac{(x_0 \cdot l_1) \cdot (x_0 \cdot l_2)}{x_0 \cdot (l_1 + l_2)} = \frac{(0,306 \cdot 114,9) \cdot (0,306 \cdot 110,9)}{0,306 \cdot (114,9 + 110,9)} = 17,90 \text{ Ом};$$

$$X_{P-Д} = x_0 \cdot l = 0,306 \cdot 50 = 15,30 \text{ Ом};$$

$$X_{Д-С} = x_0 \cdot l = 0,306 \cdot 213 = 65,1780 \text{ Ом}.$$

Определяем реактивную проводимость ЛЭП схемы замещения.

$$B_{H-P} = (b_0 \cdot l_1) + (b_0 \cdot l_2) = (3,62 \cdot 10^{-6} \cdot 114,9) + \\ + (3,62 \cdot 10^{-6} \cdot 110,9) = 817,396 \text{ мкСм};$$

$$B_{P-D} = b_0 \cdot l = 3,62 \cdot 10^{-6} \cdot 50 = 181 \text{ мкСм};$$

$$B_{D-C} = b_0 \cdot l = 3,62 \cdot 10^{-6} \cdot 213 = 771,06 \text{ мкСм}.$$

Определяем зарядную мощность ЛЭП.

$$\frac{Q_{C1}^{H-P}}{2} = \frac{U_{ном}^2 \cdot B_{H-P}}{2} = \frac{500^2 \cdot 817,396 \cdot 10^{-6}}{2} = 102,175 \text{ МВА};$$

$$\frac{Q_{C1}^{P-D}}{2} = \frac{U_{ном}^2 \cdot B_{P-D}}{2} = \frac{500^2 \cdot 181 \cdot 10^{-6}}{2} = 22,625 \text{ МВА};$$

$$\frac{Q_{C1}^{D-C}}{2} = \frac{U_{ном}^2 \cdot B_{D-C}}{2} = \frac{500^2 \cdot 771,06 \cdot 10^{-6}}{2} = 96,383 \text{ МВА}.$$

Расчет потокораспределения мощности по линиям электропередачи

Определяем значения активной, реактивной и полной мощности в конце линии Душанбе 500 – Сугд.

$$P_{z2}^{D-C} = P_C = 514 \text{ МВт};$$

$$Q_{z2}^{D-C} = Q_C - \frac{Q_{c2}^{H-P}}{2} = 198 - 96,383 = 101,618 \text{ МВар};$$

$$S_{z2}^{D-C} = P_{z2}^{D-C} + jQ_{z2}^{D-C} = \sqrt{514^2 + 101,618^2} = 523,95 \text{ МВА}.$$

Определяем значения потерь активной, реактивной и полной мощности в линии Душанбе 500 – Сугд.

$$\Delta P_{D-C} = \left( \frac{S_{z2}^{D-C}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot R_{D-C} = \left( \frac{523,95}{500} \right)^2 \cdot 1,411 = 5,847 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_{D-C} = \left( \frac{S_{z2}^{D-C}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot X_{D-C} = \left( \frac{523,95}{500} \right)^2 \cdot 17,891 = 71,571 \text{ МВар};$$

$$\Delta S_{D-C} = \Delta P_{D-C} + j\Delta Q_{D-C} = \sqrt{5,847^2 + 71,571^2} = 71,81 \text{ МВА}.$$

Определяем значения активной, реактивной и полной мощности в начале линии Регар - Душанбе 500.

$$P_{z1}^{D-C} = P_{z2}^{D-C} + \Delta P_{D-C} = 514 + 5,847 = 519,847 \text{ МВт};$$

$$Q_{z1}^{D-C} = Q_{z2}^{D-C} + \Delta Q_{D-C} - \frac{Q_{c1}^{D-C}}{2} = \\ = 101,618 + 71,571 - 96,383 = 76,806 \text{ МВар};$$

$$S_{z1}^{D-C} = P_{z1}^{D-C} + jQ_{z1}^{D-C} = \sqrt{519,847^2 + 76,806^2} = 525,491 \text{ МВА}.$$

Определяем значения активной, реактивной и полной мощности в конце линии Регар – Душанбе 500.

$$P_{z2}^{P-D} = P_D + P_{z1}^{D-C} = 519,847 + 380 = 899,847 \text{ MBm};$$

$$Q_{z2}^{P-D} = Q_D + Q_{z1}^{D-C} - \frac{Q_{c2}^{P-D}}{2} =$$

$$= 147 + 78,806 - 22,625 = 201,181 \text{ MVar};$$

$$S_{z2}^{P-D} = P_{z2}^{P-D} + jQ_{z2}^{P-D} = \sqrt{899,847^2 + 201,181^2} = 922,06 \text{ MVA}.$$

Определяем значения потерь активной, реактивной и полной мощности в линии Регар - Душанбе 500.

$$\Delta P_{P-D} = \left( \frac{S_{z2}^{P-D}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot R_{P-D} = \left( \frac{922,06}{500} \right)^2 \cdot 1,25 = 4,251 \text{ MBm};$$

$$\Delta Q_{P-D} = \left( \frac{S_{z2}^{P-D}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot X_{P-D} = \left( \frac{922,06}{500} \right)^2 \cdot 15,3 = 52,032 \text{ MVar};$$

$$\Delta S_{P-D} = \Delta P_{P-D} + j\Delta Q_{P-D} = \sqrt{4,251^2 + 52,032^2} = 52,206 \text{ MVA}.$$

Определяем значения активной, реактивной и полной мощности в начале линии Нурек – Регар.

$$P_{z1}^{P-D} = P_{z2}^{P-D} + \Delta P_{P-D} = 899,847 + 4,251 = 904,1 \text{ MBm};$$

$$Q_{z1}^{P-D} = Q_{z2}^{P-D} + \Delta Q_{P-D} - \frac{Q_{c1}^{P-D}}{2} =$$

$$= 201,181 + 52,032 - 22,625 = 230,588 \text{ MVar};$$

$$S_{z1}^{P-D} = P_{z1}^{P-D} + jQ_{z1}^{P-D} = \sqrt{904,1^2 + 230,588^2} = 933,04 \text{ MVA}.$$

Определяем значения активной, реактивной и полной мощности в конце линии Нурек – Регар.

$$P_{z2}^{H-P} = P_P + P_{z1}^{P-D} = 900 + 904,1 = 1804,1 \text{ MBm};$$

$$Q_{z2}^{H-P} = Q_P + Q_{z1}^{P-D} - \frac{Q_{c2}^{H-P}}{2} =$$

$$= 350 + 230,588 - 102,175 = 478,414 \text{ Var};$$

$$S_{z2}^{H-P} = P_{z2}^{H-P} + jQ_{z2}^{H-P} = \sqrt{1804,1^2 + 478,414^2} = 1866,454 \text{ MVA}.$$

Определяем значения потерь активной, реактивной и полной мощности в линии Нурек – Регар.

$$\Delta P_{H-P} = \left( \frac{S_{z2}^{H-P}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot R_{H-P} = \left( \frac{1866,454}{500} \right)^2 \cdot 1,411 = 19,66 \text{ MBm};$$

$$\Delta Q_{H-P} = \left( \frac{S_{z2}^{H-P}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot X_{H-P} = \left( \frac{1866,454}{500} \right)^2 \cdot 17,891 = 249,31 \text{ MVar};$$

$$\Delta S_{H-P} = \Delta P_{H-P} + j\Delta Q_{H-P} = \sqrt{19,66^2 + 249,31^2} = 250,1 \text{ MVA}.$$

Определяем значения активной, реактивной и полной мощности в начале линии Регар - Душанбе 500.

$$P_{z1}^{H-P} = P_{z2}^{H-P} + \Delta P_{H-P} = 1804,1 + 19,66 = 1823,76 \text{ МВт};$$

$$Q_{z1}^{H-P} = Q_{z2}^{H-P} + \Delta Q_{H-P} - \frac{Q_{c1}^{H-P}}{2} =$$

$$= 478,414 + 249,31 - 102,175 = 625,545 \text{ МВар};$$

$$S_{z1}^{H-P} = P_{z1}^{H-P} + jQ_{z1}^{H-P} = \sqrt{1823,76^2 + 625,545^2} = 1928,055 \text{ МВА}.$$

Определяем значения суммарной потери активной мощности в электрической сети 500 кВ.

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{Д-С} + \Delta P_{Р-Д} + \Delta P_{H-P} =$$

$$= 5,847 + 4,251 + 19,659 = 29,757 \text{ МВт}.$$

Определяем суммарной потери активной мощности в процентах от полной передаваемой мощности по линиям электропередачи 500 кВ.

$$\Sigma \Delta P \% = \frac{\Sigma \Delta P \cdot 100}{P_{z1}^{H-P}} = \frac{29,757 \cdot 100}{1823,757} = 1,632\%.$$

Исходя из полученной значения можно сделать вывод, что потери активной мощности в электрической сети 500 кВ находится в пределах допустимости.

Значение напряжение на шинах 500 кВ Нурекской ГЭС принимаем постоянно. В режиме максимальных нагрузок значение напряжение на шинах Нурекской ГЭС равно на 525 кВ.

Определяем значений напряжения на шинах ПС Регар и падений напряжения на ЛЭП Нурек – Регар.

$$\Delta U_{H-P} = \frac{P_{z1}^{H-P} \cdot R_{H-P} + Q_{z1}^{H-P} \cdot X_{H-P}}{U_H} =$$

$$= \frac{1823,757 \cdot 1,411 + 625,545 \cdot 17,891}{525} = 26,22 \text{ кВ};$$

$$U_P = U_H - \Delta U_{H-P} = 525 - 26,22 = 498,782 \text{ кВ};$$

Определяем значения напряжения на шинах ПС Душанбе и падений напряжения на ЛЭП Регар – Душанбе 500.

$$\Delta U_{P-Д} = \frac{P_{z1}^{P-Д} \cdot R_{P-Д} + Q_{z1}^{P-Д} \cdot X_{P-Д}}{U_P} =$$

$$= \frac{904,1 \cdot 1,25 + 230,588 \cdot 15,3}{498,782} = 10,54 \text{ кВ};$$

$$U_Д = U_P - \Delta U_{P-Д} = 498,782 - 10,54 = 488,245 \text{ кВ};$$

Определяем значения напряжения на шинах ПС Сугд и падений напряжения на ЛЭП Душанбе 500 – Сугд.

$$\Delta U_{Д-С} = \frac{P_{z1}^{Д-С} \cdot R_{Д-С} + Q_{z1}^{Д-С} \cdot X_{Д-С}}{U_{Д}} =$$

$$= \frac{519,847 \cdot 5,325 + 76,806 \cdot 65,178}{488,245} = 3,738 \text{ кВ};$$

$$U_{С} = U_{Д} - \Delta U_{Д-С} = 488,245 - 3,738 = 484,507 \text{ кВ}.$$

### **Заключение**

Исходя из полученных значений можно сделать вывод, что на шинах ПС 500 кВ электрической сети значения напряжения не выходят за пределы допустимости, т.е. минимальное значение напряжения на шинах ПС Сугд составляет 498,507 кВ. Это значение составляет 96,9 % номинального напряжения электрической сети.

### **Литература**

1. Лыкин, А.В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учебное пособие / А.В. Лыкин. – 2 – е изд. перераб. и доп. – Новосибирск: Изд – во НГТУ, 2009. – 228 с.
2. Тиходеев Н. Н. Передача электрической энергии. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, ЛО, 1984. 248 с.
3. L. Ming, F. Sahlen, K. Johansson, E. Martensson, and O. Koponen, “Investigations on End Corona Protection System for Converter-fed HV Motors,” Int. Electr. Insul. Conf. (INSUCON), May 2009.
4. Чехов В. И. Пути и способы повышения пропускной способности линий электропередачи. М.: МЭИ, 1991. 56 с.

### **Авторы:**

Научный руководитель:

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» **Рахимзода Дж.Б.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон (+992) 987477771

E-mail: [jam-rahimov@mail.ru](mailto:jam-rahimov@mail.ru)

магистр **Рахматов Р.Дж.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Наимов С.Х.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Темирова М.М.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

# АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ГИДРОГЕНЕРАТОРА МЕТОДОМ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

*Ш.М. Султонзода, У.Н. Надиров, Ф.Ш. Мусоев, А.К. Мусулмони*  
Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе,  
Таджикистан

Методы анализа вибрационных сигналов как ключевой инструмент для раннего обнаружения неисправностей во вращающемся оборудовании. Фокусируясь на традиционных методах (анализ во временной и частотной областях) и новых подходах исследование направлено на оценку их применения, преимуществ и ограничений. Признавая важность проактивного обслуживания, данное исследование стремится внести вклад в разработку более точных и эффективных методов обнаружения неисправностей.

**Ключевые слова:** анализ вибрационных сигналов, обнаружение неисправностей, вращающееся оборудование, предиктивное обслуживание, анализ во временной области, анализ в частотной области.

## ANALYSIS OF VIBRATION SIGNALS OF A HYDRO GENERATOR USING THE FAST FOURIER TRANSFORM METHOD

*Sh.M. Sultonzoda, U.N. Nadirov, F.Sh. Musoev, A.K. Muslimoni*  
Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The methods of vibration signal analysis as a pivotal tool for early fault detection in rotating machinery. Focusing on both traditional techniques (time-domain, frequency-domain analyses) and emerging approaches (wavelet transforms, machine learning algorithms), the study aims to evaluate their applications, strengths, and limitations. Recognizing the significance of proactive maintenance, the research seeks to contribute to the development of more precise and efficient fault detection methods.

**Keywords:** vibration signal analysis, fault detection, rotating machinery, predictive maintenance, time-domain analysis, frequency-domain analysis.

### Введение

Вибрация – изменение во времени значения величины, описывающей движение или положение механической системы, если это значение попеременно меняется в большую и меньшую сторону от некоторого среднего или исходного значения. При эксплуатации агрегатов стандартами определены правила проведения непрерывного контроля и мониторинга их вибрационного состояния [6–8]. Для решения этих задач применяют многоканальные системы, которые определяют, отображают и регистрируют на каком-то носителе информацию значений параметров вибрации через небольшие (не более нескольких секунд) промежутки времени, а также выполняют допусковый контроль, функции сигнализации и даже защитного

отключения [1, 8]. Для предоставления полученных данных потребителю используются компьютеры.

В данной статье рассматриваются методологии анализа вибрационных сигналов, с акцентом на гидроэлектростанциях и энергетических производственных объектах. Исследование оценивает традиционные и новые методы с целью внесения вклада в разработку надежных техник обнаружения неисправностей. Реальное оценивание производительности промышленного оборудования, особенно в вращающемся оборудовании, является ключевым для обеспечения безопасности и экономичности. Метод контроля вибрации, важный мониторинговый метод, обнаруживает аномальные вибрации, вызванные дефектами [1]. Осцилляции в сетях зубчатых колес, вращающихся осях и подшипниках анализируются с использованием экспериментального анализа вибрации, решая проблемы точного выявления неисправностей [2,3].

Анализ вибрации включает два этапа: (1) Обнаружение характеристик и (2) Слияние данных. Основные вибрации от каждого компонента обрабатываются для извлечения частотно-связанных характеристик на этапе обнаружения характеристик. Этап слияния данных изучает частотные возникновения характеристик от нескольких акселерометров для определения аномальных вибраций и их источников, улучшая возможности обнаружения. В данной статье представлены всесторонние методы анализа вибрации, с оценкой их производительности в выявлении критических неисправностей компонентов [4,5].

### **Методы анализа вибрации**

В настоящее время исследователи изучают различные методы анализа вибрации для отдельного исследования и диагностики неисправностей различных компонентов вращающихся механизмов.

Техника анализа вибрации развивается с двумя основными целями. Первая цель - разделение сигналов, относящихся к различным компонентам машины, другая цель - выявление состояния отдельных компонентов и выявление неисправных частей. Эти виды диагностической техники, основанные на основах вибрации, считаются наиболее эффективными средствами мониторинга благодаря легкости измерения. Анализ вибрации исторически использовался для выявления неисправностей и критических состояний. Однако в настоящее время анализ вибрации применяется для мониторинга состояния, снижения последовательности отказов и более эффективного использования имеющихся ресурсов.

Методы во временной области направлены на изучение временных характеристик вибрационных сигналов для выявления потенциальных проблем во вращающихся системах, особенно в компонентах, таких как вал и подшипники. Временная область предоставляет интуитивную перспективу с физическим пониманием вибраций. Это полезно для анализа сигналов, обусловленных неисправностями в подшипниках и передачах, характеризующихся кратковременными, прерывистыми и непрерывными импульсами [6].



*Анализ временной волны:* До появления спектральных анализаторов основным методом вибрационного анализа была работа в области времени. Изучение временной формы волн при помощи оборудования, такого как осциллографы или вибрографы, часто позволяло выявлять изменения в вибрационных узорах, свидетельствующих о неисправностях. Тем не менее, диагностика неисправностей была сложной задачей. Связать изменение с конкретным компонентом требовало ручного вычисления осцилляций на основе наблюдаемой временной разницы между определенными точками. Анализ временных форм волн оказывается полезным для выявления асинхронных вибраций относительно скорости вращения вала.

*Квадратный корень из среднего:* Квадратный корень из среднего не является статистическим показателем, что делает его менее надежным для выявления повреждений в непрерывных практических системах. Его значение более подходит для стабильных условий работы. Он представляет уровень энергии вибрационного сигнала и используется для отслеживания общего уровня шума. RMS во временной области вычисляется из уравнения 1 [7].

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N x^2}{N}} \quad (1)$$

В этом уравнении  $x$  - это  $n$ -е числовое значение во временной области, а  $N$  - общее количество точек во временной области. RMS сигнал обычно выражается в контексте "устойчивого состояния" или "непрерывной частоты" переменного сигнала относительно времени.

*Статистические методы:* Аналитические процедуры с использованием статистических методов могут быть успешно выполнены при использовании данных, специально полученных и обработанных в области времени. Этот подход позволяет провести всесторонний анализ временных паттернов, обеспечивая понимание динамического поведения и вариаций явлений, что приводит к более тонкому и информативному статистическому анализу [8].

*Стандартное отклонение:* Стандартное отклонение - это мера асимметрии или, точнее, отсутствия симметрии в сигнале. Распределение рядов данных считается симметричным, когда правая или левая сторона центральной точки равны. Уравнение (2) используется для расчета эксцесса, где  $y(n)$  представляет данные, а  $\mu$  - их среднее,  $\sigma$  - это стандартное отклонение.

$$S = \frac{\sum_{n=1}^N [y(n) - \mu]^3}{N \cdot \sigma^3} \quad (2)$$

### **Анализ в частотной области**

Методы анализа в частотной области включают в себя быстрое преобразование Фурье (БПФ) и другие подобные методы. Они используют различия в спектральной плотности сигнала, вызванные дефектами системы, для выявления повреждений в компонентах системы. Любой реальный сигнал может быть разложен на уникальную комбинацию синусоидальных волн. Каждая изолированная синусоидальная волна в сигнале выглядит как вертикальная линия в частотной области, представляя ее амплитуду и частоту.

Частотная область не только выявляет дефекты во вращающемся оборудовании, но также определяет причину дефекта.

**Быстрое преобразование Фурье (БПФ):** Быстрое преобразование Фурье (БПФ) - это метод эффективного вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ) последовательности, ограниченной в частотной области. Он легко представляет частотные компоненты вибрационного сигнала. Фурье-анализ преобразует сигнал из временной области в частотную область, но не предоставляет информации о временных характеристиках, что ограничивает способность идентификации времени возникновения дефектов в сигнале. Частотная область сигнала может быть получена с использованием преобразования Фурье в соответствии с уравнением 3 [8]. Операция преобразования Фурье для перевода сигнала из временной области в частотную представлена на рисунке 1.

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (3)$$

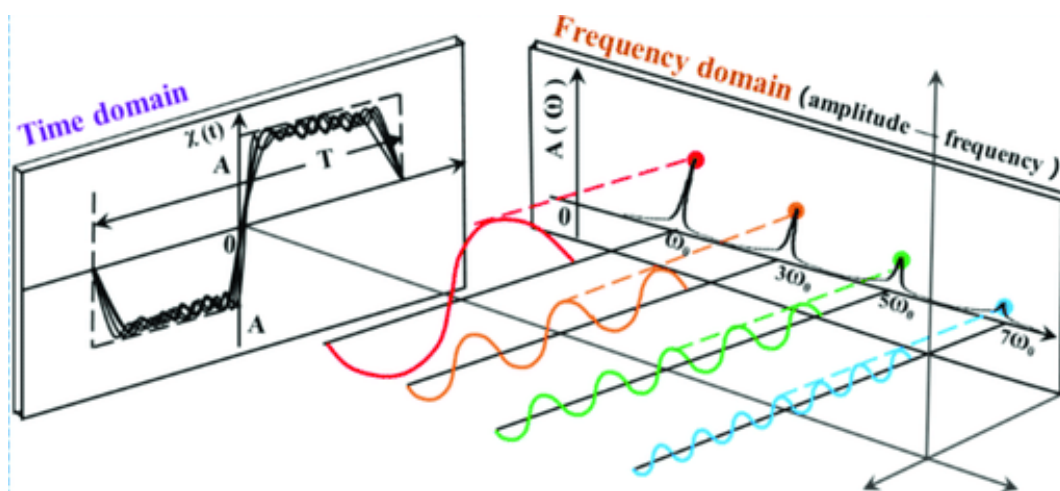


Рис. 1. Из временной области в частотную область.

Для выполнения преобразования Фурье на общем компьютере или микропроцессоре, временной сигнал должен быть преобразован в дискретную форму. В этом контексте вводится дискретное преобразование Фурье (ДПФ)[10].

$$F[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{-\frac{j2\pi}{N}kn} \quad (4)$$

ПФ может быть вычислен рекурсивно, что означает, что его можно разбить на более мелкие ДПФ, которые могут быть вычислены независимо друг от друга. Это делает БПФ чрезвычайно эффективным, особенно для больших последовательностей. БПФ, представленное в уравнение (4).

БПФ имеет широкий спектр применений, включая:

**Обработка сигналов:** БПФ используется для анализа частотного содержания сигналов, таких как аудиосигналы, изображения и временные ряды данных.

**Системы связи:** БПФ применяется в цифровых системах связи для модуляции и демодуляции сигналов.

*Криптография:* БПФ используется в некоторых криптографических алгоритмах.

*Научные вычисления:* БПФ применяется в научных вычислениях для решения дифференциальных уравнений и других математических задач.

Предсказание и анализ вибрационного состояния вращающегося оборудования имеют первостепенное значение для обеспечения их оптимальной производительности. Прогнозирующее техническое обслуживание, включающее методы, такие как анализ быстрого преобразования Фурье (БПФ), играет ключевую роль в этом процессе. Применение стратегий прогнозирующего технического обслуживания позволяет проактивно выявлять потенциальные проблемы, связанные с вибрациями во вращающемся оборудовании. Использование анализа БПФ специально позволяет подробно рассмотреть компоненты частот в сигналах вибрации. Эта техника является эффективным средством для обнаружения аномалий, таких как износ зубьев зубчатых колес, неправильное выравнивание и дефекты во вращающихся компонентах.

### **Заключение**

Анализ вибрационного состояния с использованием БПФ включает преобразование временных сигналов вибрации в частотно-доменные представления. Это не только помогает выявлять наличие несоответствий, но также предоставляет ценную информацию о конкретной природе и серьезности потенциальных неисправностей. Благодаря этому проактивному подходу операторы машин могут решать вопросы, возникающие до того, как они перерастут в серьезные проблемы, тем самым максимизируя операционную эффективность и минимизируя unplanned простои. В сущности, интеграция прогнозирующего технического обслуживания, особенно с использованием передовых техник, таких как анализ БПФ, улучшает общую надежность и производительность вращающегося оборудования.

### **Литература**

1. Chao-Hui ou, Cheubg-Hwa Hsu, Gui-Jie Fan and Wei-Yu Chen “Rotary machine vibration monitoring and smart balance correctio”, *Advances in Mechanical Engineering*, 2020, Vol. 12(6) 1–11
2. Randall, R. B., “Detection and diagnosis of incipient bearing failure in helicopter gearboxes”, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 11, No. 2, 2004, pp.177-190.
3. McFadden, P. D., J. D. Smith, “Effect of transmission path on measured gear vibration”, *Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design*, Vol.108, No.3, 1986, pp.377-378.
4. Shigeru Izumi, Izumi Yamada & Masayuki Izumi, “Vibration Monitor for Rotating Machines Using Average Frequency Technique”. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 16[6], pp. 441-445 (June 1979).
5. McFadden, P. D., “A revised model for the extraction of periodic waveforms by time domain averaging”, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol.1, No.1, 1987, pp.83-95.

6. Li, H., Y. Zhang, H. Zheng, "Application of Hermitian wavelet to crack fault detection in gearbox", Mechanical Systems and Signal Processing, Vol.25, No.4, 2011, pp.1353-1363
7. Fei, S.-w., "Kurtosis forecasting of bearing vibration signal based on the hybrid model of empirical mode decomposition and RVM with artificial bee colony algorithm", Expert Systems with Applications, Vol.42, No.11, 2015, pp.5011-5018.
8. Cooley, J. W., J. W. Tukey, "an algorithm for the machine calculation of complex fourier series", Mathematics of Computation, Vol.19, No.90, 1965, pp.297-301.

**Авторы:**

Научный руководитель:

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» Султонзода Ш.М.

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон (+992) 937004444

E-mail: [sultonzoda.sh@mail.ru](mailto:sultonzoda.sh@mail.ru)

магистр **Надиров У.Н.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Мусоев Ф.Ш.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Мусулмони А.К.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНИЙ С ПРОВОДАМИ СИП И АС НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ**

*Дж.С. Ахъёев, А.А. Амонов, А.М. Мирзоев, Н.В. Сангов*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе,  
Таджикистан

В статье произведен анализ линий с проводами СИП и АС напряжением 10 кВ.

**Ключевые слова:** провода, линия, проводимость, сопротивление, СИП.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF LINES WITH SIP AND AC WIRES WITH VOLTAGE OF 10 kV**

*J.S. Ahyoev, A.A. Amonov, A.M. Mirzoev, N.V. Sangov*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The article analyzes lines with self-supporting insulated wires and AC wires with a voltage of 10 kV.

**Keywords:** wires, line, conductivity, resistance, self-supporting insulated wire.

## Введение

Проблема потерь электроэнергии, при её транспортировке, не является новой и существует с момента создания электроэнергетики. С начала прошлого века вся современная энергетика использует в качестве основного элемента транспорта электрической мощности сталеалюминевые провода, изготавливаемые по технологии «Aluminium-Steel Reinforced Conductor». Данный вид проводов был изобретен еще в первой половине 20 века и до сих пор используется на 80 процентах существующих воздушных линий. За прошедшие годы технология шагнула далеко вперед, что особенно касается последних десятилетий и мировое сообщество, столкнулось с целым рядом очевидных недостатков существующих проводов. Сегодня многие отечественные и зарубежные компании активно работают над решением проблемы. Использование Самонесущих Изолированных Проводов (СИП) исключит потери от погодных условий, снизит экономические потери и повысит качество электроэнергии.

## Постановка задачи и исходные данные

Представленный участок является фрагментом принципиальной схемы ВЛ 10 кВ.

Описание сети. Представленный участок сети имеет:

- 6 узлов;
- 6 ветвей;
- суммарную нагрузку - 1537 кВА;
- протяженность линий – 11.32 км;
- номинальное напряжение 10 кВ

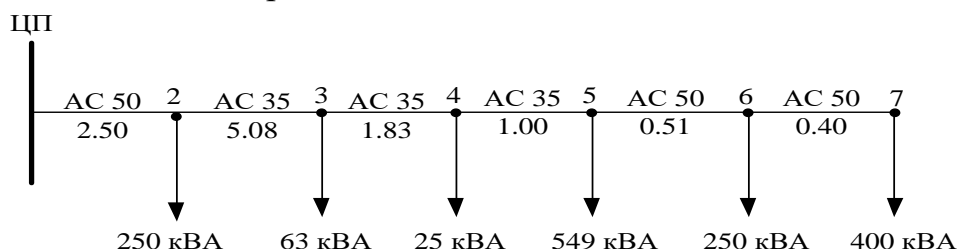


Рис. 1. Принципиальная схема участка сети 10 кВ

## Расчёт по полному сопротивлению

Результаты по узлам:

	N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
1	11.000	0.000	-1.3493	-0.9965	0.0000	-0.0000	
34	10.724	0.068	0.2000	0.1500	0.0000	-0.0000	
101	10.167	0.741	0.0504	0.0378	0.0000	-0.0000	
125	9.951	0.791	0.0020	0.0015	0.0000	-0.0000	
139	9.798	0.557	0.4392	0.3294	0.0000	-0.0000	
147	9.741	0.314	0.2000	0.1500	0.0000	-0.0000	
154	9.708	0.153	0.3200	0.2400	0.0000	-0.0000	

Баланс по пассивным элементам (+ нагрузка, - генерация):

0.1377 0.0878 0.0000 0.0000

Результаты по ветвям:

	N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	DP
1	34	-1.3493	-0.9965	1.3143	0.9738	0.035053	
34	101	-1.1143	-0.8238	1.0472	0.7946	0.067047	
101	125	-0.9968	-0.7568	0.9749	0.7420	0.021916	
125	139	-0.9729	-0.7405	0.9610	0.7254	0.011928	
139	147	-0.5218	-0.3960	0.5204	0.3916	0.001377	
147	154	-0.3204	-0.2416	0.3200	0.2400	0.000409	

Суммарные потери активной мощности: 0,137729 МВт.

**Исходная сеть с параллельной линией АС**

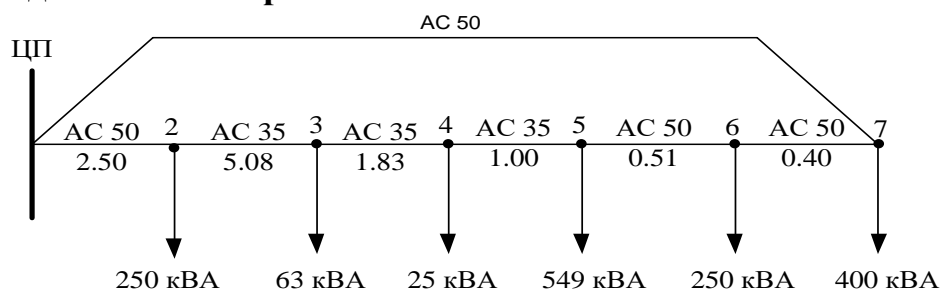


Рис. 2. Принципиальная схема участка сети 10 кВ с параллельной линией АС

**Расчёт по полному сопротивлению**

Результаты по узлам:

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
1	11.000	0.000	-1.2826	-0.9482	0.0000	-0.0000
34	10.737	0.065	0.1976	0.1483	0.0000	-0.0000
101	10.484	0.340	0.0504	0.0378	0.0000	-0.0000
125	10.391	0.348	0.0020	0.0015	0.0000	-0.0000
139	10.327	0.245	0.4393	0.3295	0.0000	-0.0000
147	10.328	0.243	0.2000	0.1500	0.0000	-0.0000
154	10.348	0.330	0.3200	0.2401	0.0000	-0.0000

Баланс по пассивным элементам (+ нагрузка, - генерация):

0.0733 0.0410 0.0000 0.0000

Результаты по ветвям:

	N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	DP
1	34	-1.2826	-0.9482	1.2509	0.9277	0.031697	
34	101	-0.5116	-0.3659	0.4978	0.3609	0.013787	
101	125	-0.4474	-0.3231	0.4434	0.3208	0.004009	
125	139	-0.4414	-0.3193	0.4392	0.3167	0.002172	
139	147	0.0000	0.0127	-0.0000	-0.0126	0.000000	
147	154	0.2001	0.1626	-0.2002	-0.1632	0.000150	
34	154	-0.5417	-0.4136	0.5203	0.4032	0.021473	

Суммарные потери активной мощности: 0,073288 МВт

**Оптимальный расчёт**

Результаты по узлам:

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
1	11.000	0.000	-1.2822	-0.9363	0.0000	-0.0000
34	10.738	0.057	0.1977	0.1483	0.0000	-0.0000
101	10.534	0.620	0.0504	0.0378	0.0000	-0.0000
125	10.447	0.680	0.0020	0.0015	0.0000	-0.0000
139	10.385	0.622	0.4393	0.3295	0.0000	-0.0000
147	10.385	0.656	0.2000	0.1500	0.0000	-0.0000
154	10.405	0.778	0.3200	0.2401	0.0000	-0.0000

Баланс по пассивным элементам (+ нагрузка, - генерация):

0.0729 0.0291 0.0000 0.0000

Результаты по ветвям:

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	DP
1	34	-1.2822	-0.9363	1.2508	0.9160	0.031405
34	101	-0.4496	-0.3897	0.4373	0.3879	0.012339
101	125	-0.3869	-0.3501	0.3833	0.3481	0.003550
125	139	-0.3813	-0.3466	0.3794	0.3444	0.001922
139	147	0.0599	-0.0149	-0.0599	0.0150	0.000011
147	154	0.2599	0.1351	-0.2601	-0.1358	0.000192
34	154	-0.6036	-0.3781	0.5801	0.3759	0.023433

Суммарные потери активной мощности: 0,072851 МВт

### Исходная сеть с параллельной линией СИП

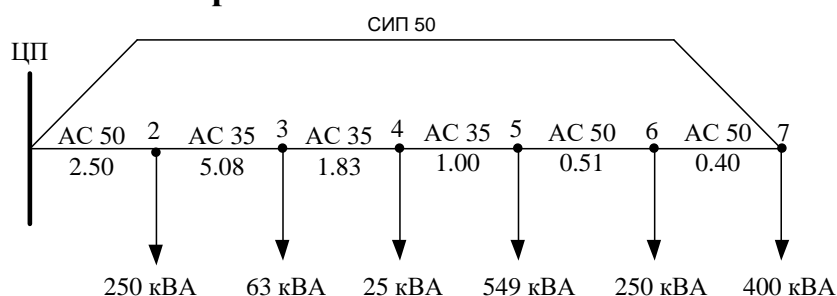


Рис. 3. Принципиальная схема участка сети 10 кВ с параллельной линией СИП

### Расчёт по полному сопротивлению

Результаты по узлам:

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
1	11.000	0.000	-1.2846	-0.9382	0.0000	-0.0000
34	10.738	0.057	0.1976	0.1483	0.0000	-0.0000
101	10.508	0.514	0.0504	0.0378	0.0000	-0.0000
125	10.422	0.606	0.0020	0.0015	0.0000	-0.0000
139	10.358	0.570	0.4393	0.3295	0.0000	-0.0000
147	10.357	0.621	0.2000	0.1500	0.0000	-0.0000
154	10.374	0.759	0.3200	0.2401	0.0000	-0.0000

Баланс по пассивным элементам (+ нагрузка, - генерация):

0.0752 0.0310 0.0000 0.0000

Результаты по ветвям:

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	DP
1	34	-1.2846	-0.9382	1.2530	0.9179	0.031524
34	101	-0.4268	-0.4173	0.4144	0.4130	0.012422
101	125	-0.3640	-0.3752	0.3604	0.3732	0.003581
125	139	-0.3584	-0.3717	0.3565	0.3694	0.001940
139	147	0.0828	-0.0399	-0.0828	0.0400	0.000024
147	154	0.2828	0.1101	-0.2831	-0.1108	0.000207
34	154	-0.6286	-0.3523	0.6031	0.3509	0.025514

Суммарные потери активной мощности: 0,075212 МВт

### Оптимальный расчёт

Результаты по узлам:

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
1	11.000	0.000	-1.2837	-0.9356	0.0000	-0.0000
34	10.738	0.055	0.1976	0.1483	0.0000	-0.0000
101	10.529	0.644	0.0504	0.0378	0.0000	-0.0000
125	10.440	0.710	0.0020	0.0015	0.0000	-0.0000
139	10.375	0.653	0.4393	0.3295	0.0000	-0.0000
147	10.374	0.685	0.2000	0.1500	0.0000	-0.0000
154	10.391	0.804	0.3200	0.2401	0.0000	-0.0000

Баланс по пассивным элементам (+ нагрузка, - генерация):

0.0744 0.0284 0.0000 0.0000

Результаты по ветвям:

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	DP
1	34	-1.2837	-0.9356	1.2523	0.9153	0.031437
34	101	-0.4594	-0.4043	0.4464	0.4024	0.013055
101	125	-0.3960	-0.3646	0.3922	0.3624	0.003781
125	139	-0.3902	-0.3609	0.3881	0.3585	0.002048
139	147	0.0511	-0.0290	-0.0511	0.0291	0.000010
147	154	0.2511	0.1209	-0.2513	-0.1216	0.000174
34	154	-0.5952	-0.3627	0.5714	0.3617	0.023879

Суммарные потери активной мощности: 0,074384 МВт.

### Вывод о результатах расчёта сети 10 кВ

1. Представленная электрическая сеть на напряжение 10 кВ является радиально-магистральной линией электропередачи, содержащая 7 узлов. Первый узел принят в качестве базисного и балансирующего с напряжением равным 11 кВ. Исходный режим показывает:

- напряжение в последнем узле №7 равно 9.7 кВ;
- общие суммарные потери активной мощности  $\Delta P_e = 13.7$  кВт.

2. Для повышения качества напряжения и снижение потерь активной мощности параллельно узлам 1-7 прокладывается линия СИП сечением 50 мм<sup>2</sup>. Расчёт потокораспределения показал:

- напряжение в последнем узле 7 повысилось и составляет  $U = 10.37$  кВ;



- общие суммарные потери активной мощности  $\Delta P_e = 7.52$  кВт;
- поток активной мощности по линии СИП составил  $(350 + j360)$  кВА;

3. В связи с тем, что возникло явление неоднородности электрической сети ( $\frac{R}{X} \neq \text{const}$ ) предыдущий режим параллельных линий не является оптимальным. Для определения оптимального режима, обеспечивающего минимум суммарных потерь активной мощности, необходимо рассчитать потокораспределение в электрической сети по активным сопротивлениям. В результате получено:

- напряжение в конце линии равно  $U = 10.39$  кВ
- суммарные потери активной мощности  $\Delta P_{\text{opt}} = 7.43$  кВт.

Будем исходить из того, что это минимум суммарных потерь активной мощности, которого можно достичь в данной электрической сети при условии что  $\frac{R}{X} = \text{const}$  для параллельных линий. В оптимальном режиме:

- поток мощности по СИП должен составлять  $(570 + j360)$  кВА;
- оптимальные потери на 90 кВт ( $\Delta P_e - \Delta P_{\text{opt}}$ ) меньше естественных потерь.

4. Альтернативный вариант параллельной линии рассматривается, как строительство линии с проводами АС сечением  $50 \text{ мм}^2$ . Электрическая сеть также является не однородной. Результаты расчётов:

- напряжение в последнем №7 узле составляет  $U = 10.34$  кВ;
- суммарные потери активной мощности  $\Delta P_e = 7.32$  кВт, что ниже оптимальных потерь равных  $\Delta P_e = 7.43$  кВт;
- Поток мощности по новой линии АС составляет  $(520 + j400)$  МВА.

5. Оптимальное потокораспределение в этом случае, определяемое по схеме с активными сопротивлениями, показывает:

- напряжение в последнем узле №7  $U = 10.40$  кВ;
- суммарные потери  $\Delta P_{\text{opt}} = 7.28$  кВт.

Таким образом, оптимальные минимальные потери  $\Delta P_{\text{opt}}$  ниже на 40 кВт.

### Заключение

Анализ показал, что параллельная линия с конструкцией СИП позволяет иметь меньшие потери активной мощности в оптимальном режиме  $\Delta P = 7.43$  кВт с СИП против  $\Delta P = 7.28$  кВт с АС. То есть больше на 0,15 кВт. В то время как в нормальном режиме без оптимизации картина обратная суммарные потери с проводом СИП  $\Delta P_e = 7.52$  кВт в то время, как с АС  $\Delta P_e = 7.32$  кВт. Минимальные потери в рассматриваемой схеме, могут быть обеспечены с помощью параллельной линии СИП.

### Литература

1. Провода для высоковольтных линий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energyland.info/analytic-show-104569>. – Загл. с экрана.
2. Лыкин А.В. Электрические системы и сети учебное пособие /Лыкин А.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 248 с.

### **Авторы:**

Научный руководитель:

к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» **Ахъёев Дж.С.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон (+992) 559991000

E-mail: [javod\\_66@mail.ru](mailto:javod_66@mail.ru)

магистр **Амонов А.А.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Мирзоев А.М.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

магистр **Сангов Н.В.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЮЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

*С.А. Абдулкеримов, Х.Б. Назиров, Ш.Дж. Джуразода*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

*М.К. Джаборов, З.Х. Хабибуллозода*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В статье приведен краткий обзор состояние южных электрических сетей Республики Таджикистана. Проведена инструментальная оценка качества электрической энергии южных электрических сетей республики. Обработаны результаты измерения и на основе их даны соответствующие рекомендации.

**Ключевые слова:** оценка, качество электроэнергии, южные электрические сети, Республика Таджикистан.

## **ASSESSMENT OF THE POWER QUALITY IN THE SOUTHERN ELECTRIC NETWORKS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

*S.A. Abdulkerimov, Kh.B. Nazirov, Sh.J. Jurazoda*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

*M.K. Jaborov, Z.H. Habibullozoda*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The article provides a brief overview of the state of the southern electrical networks of the Republic of Tajikistan. An instrumental assessment of the power quality in the southern electrical networks of the republic was carried out. The measurement results were processed and, based on them, appropriate recommendations were given.

**Keywords:** assessment, power quality, southern electrical networks, Republic of Tajikistan.

## Введение

Проблемы обеспечения качества электрической энергии (ЭЭ) по-прежнему являются один из основных нерешенной задачей в электрических сетях большинства стран мира. Данная проблема связана с увеличением количества и мощности электроприемников с нелинейными вольт-амперными характеристиками (далее «нелинейная нагрузка»), которые влияют на электромагнитную обстановку и качество электроэнергии (КЭ) электрических сетей. Вдобавок, ряд электрооборудования электрических сетей (трансформаторы, линии электропередачи и другие) тоже являются источниками высших гармонических составляющих тока, что ухудшают КЭ [1]. Понятно, что высшие гармоники тока (ВГТ) протекая по элементам сети, во-первых, создают дополнительные потери активной мощности, а во-вторых, создают падение напряжения на высших гармониках  $\left( \sum_{n=1}^k \Delta u_{(n)}(t) \right)$ , что в результате приводит к искажению формы кривой напряжения сети ( $u_c(t)$ ):

$$\sum_{n=1}^k \Delta u_{(n)}(t) = \sum_{n=1}^k i_{(n)}(t) \cdot z_{(n)} \quad (1)$$

$$u_p(t) = u_c(t) - \sum_{n=1}^k \Delta u_{(n)}(t) \quad (2)$$

где,  $i_{(n)}(t)$  – мгновенное значение высших гармонических составляющих тока порядка  $n$ ;  $z_{(n)}$  – комплексное сопротивление элементов электрической сети на гармонике  $n$ ; ( $u_p(t)$ ) – результирующее или искажённое напряжение электрической сети.

Дополнительные потери активной мощности на элементах электрической сети из-за наличия ВГТ можно определить следующим образом:

$$\Delta P_{\text{доп}\Sigma n}^{\text{ЛЭП}} = 3 \cdot \sum_{n=2}^k I_n^2 \cdot R_1 \cdot k_{I_n} \quad (3)$$

где,  $n$  – порядковый номер гармоники;  $k$  – число, учитывающее порядок гармоник;  $I_{(n)}$  – действующее значение  $n$  – ой гармонической составляющей тока;  $R_1$  — активное сопротивление линии на основной частоте;  $k_{I_{(n)}}$  — коэффициент, учитывающий влияние поверхностного эффекта, как правило, его принимают равным,  $k_{I_{(n)}} = 0,47 \cdot \sqrt{n}$ .

Для правильной оценки и анализа КЭ в электрических сетях необходимо провести инструментальную оценку КЭ с применением современных анализаторов и приборов, измеряющих показатели качества электроэнергии

(ПКЭ). Инструментальная оценка КЭ – это процесс измерения и анализа параметров электрической энергии для выявления отклонений от нормативных значений [1], что позволяет определить соответствие качества поставляемой электроэнергии требованиям стандартов и норм.

### **Объект исследования**

С каждым годом электроэнергетическая система (ЭЭС) Республика Таджикистан (РТ) развивается. Все региональные электрические сети республики работают в общей энергосистеме, за исключением энергосистемы горного Памира. В основном, источники ЭЭ находятся в южной части страны, а основные потребители электрической энергии находятся в центральной и северной частях республики. В связи с этим, для соединения северной части и южной части энергосистемы была построена линия электропередачи 500 кВ (линия Север-Юг). По данным персоналам ОАО «Передающие электрические сети» автотрансформаторы ПС «Сугд» работают в перегруженном режиме во все времена года, коэффициент загрузки автотрансформаторов колеблется в пределах от 0,95 – 1,1.

Как было отмечено, основная часть источников ЭЭ находится в южной части ЭЭС РТ, а также в соответствии с информацией персонала энергоснабжающей компании наибольшие потери мощности наблюдается в южной части энергосистемы. Исходя из этого, исследование и выявление причины высокого уровня потерь мощности и ухудшения качества электроэнергии в этой части энергосистемы является актуальной задачей.

Южные электрические сети Таджикистана (с 2018 года разделены на две части - филиал ОАО «Передающие электрические сети» и филиал ОАО «Распределительные электрические сети» в г. Бохтар) были основаны в 1960 г. Филиал ОАО «Передающие электрические сети» и филиал ОАО «Распределительные электрические сети» в г. Бохтар распределяют и реализуют электроэнергию в городах и районах Хатлонской области (Бохтарский регион), такие как: Бохтар, Левакант, Кушониён, Вахш, Дж. Балхи, Джайхун, Пяндж, Хуросон, Н.Хосрав, Дусти, Кубадиян, Шаартус, А. Джамии.

Потребители филиала ОАО «Передающие электрические сети» и ОАО «Распределительные электрические сети» в г. Бохтар в основном являются население и насосные станции. При этом, в разные времена года доля этих нагрузок существенно изменяется, так, например, в зимний период основным потребителем является население, а в летний период потребление электроэнергии в основном приходится на работу насосов орошения различных типов и мощностей от 5 кВт до 1000 кВт на напряжении 0,4-10 кВ. Как известно, особенность насосных станций заключается в том, что такие потребители являются потребителями реактивной мощности, поэтому в таких сетях можно наблюдать высокий уровень коэффициента реактивной мощности (рисунок 1). В соответствии с графиком представленным на рисунке 1 легко можно сказать, что коэффициент реактивной мощности на всех подстанциях имеют большое значение и существенно превышают нормативное значение 0,4. Значение коэффициента реактивной мощности

колеблется в пределах 0,389 до 1,0. Следует отметить, что в последние годы состав электроприемников коммунально-бытовой нагрузки (население) существенно изменились, сейчас в составе таких электроприёмников наблюдаются нелинейные нагрузки.

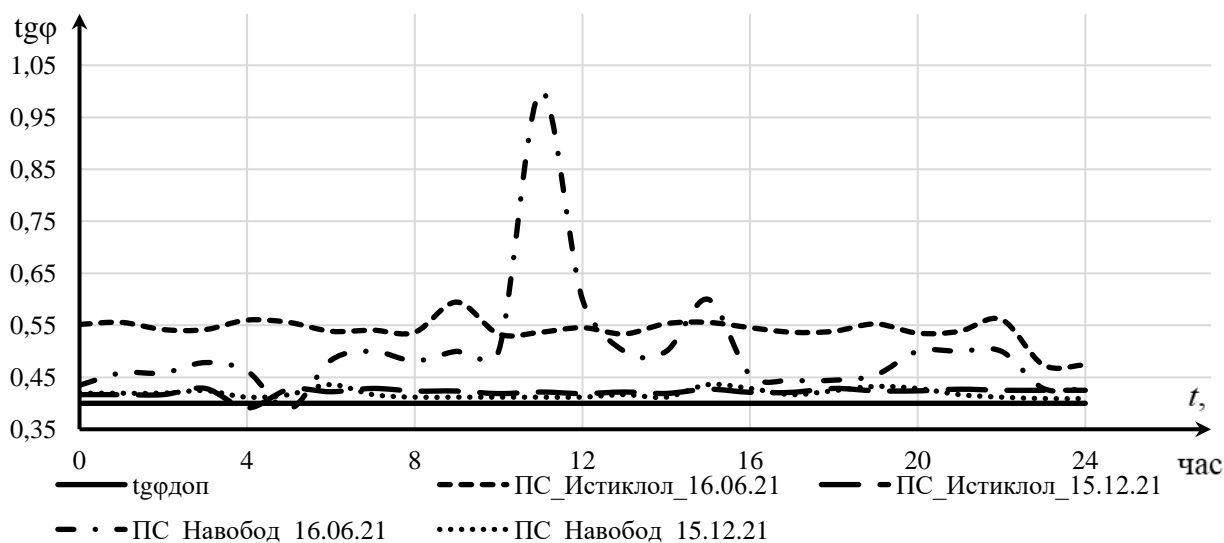


Рис. 1. График изменения коэффициента реактивной мощности в летний (16.06.2021) и зимний (15.12.2021) периоды на подстанциях Истиклол и Навобод

Одной из основных проблем электрических сетей Бохтарского региона в том, что большинство его силовых трансформаторов работают в режиме перегрузки, что приводит к ухудшению качества электроэнергии. График загрузки трансформаторов некоторых подстанций данного региона приведен на рисунке 2. Также, уровень напряжения на зажимах электроприемников не соответствует нормативным значениям [1]. Причина этого в том, что автоматизированная система регулирования напряжения трансформаторов не работает должным образом.

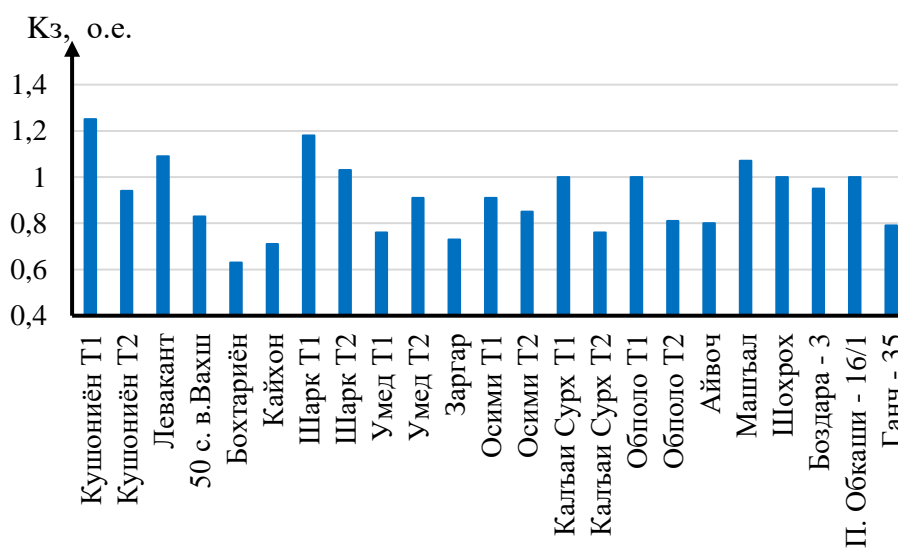


Рис. 2. График загрузки трансформаторов некоторых подстанций данного региона

Для оценки качества электроэнергии и фактического уровня помех, в южных электрических сетях в период с 08 по 12 ноября 2021 года было произведено инструментальное измерение ПКЭ, на соответствие требованиям ГОСТ 32144-2013 [1]. В качестве средств измерения использовались приборы типа FLUKE. Длительность наблюдения в каждой точке не менее суток. Результаты проведенных измерений представлены на рисунке 3 в виде диаграммы. По горизонтальной оси отложены контролируемые ПКЭ, а по вертикальной – количество случаев превышения норм ГОСТ (в процентах от количества контролируемых точек).

Из результатов измерения (рисунок 3) видно, что некоторые показатели качества электроэнергии, как медленное изменение напряжения ( $\delta U$ ), коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения ( $K_{U(n)}$ ), суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения ( $K_U$ ), коэффициенты несимметрии напряжения по обратной ( $K_{2U}$ ) и нулевой ( $K_{0U}$ ) последовательностям и длительность провала напряжения не соответствуют нормативным требованиям [1]. Для оценки установившихся режимов работы сети кроме ПКЭ, также были измерены ряд параметров электрической сети, как ток, мощность и другие.

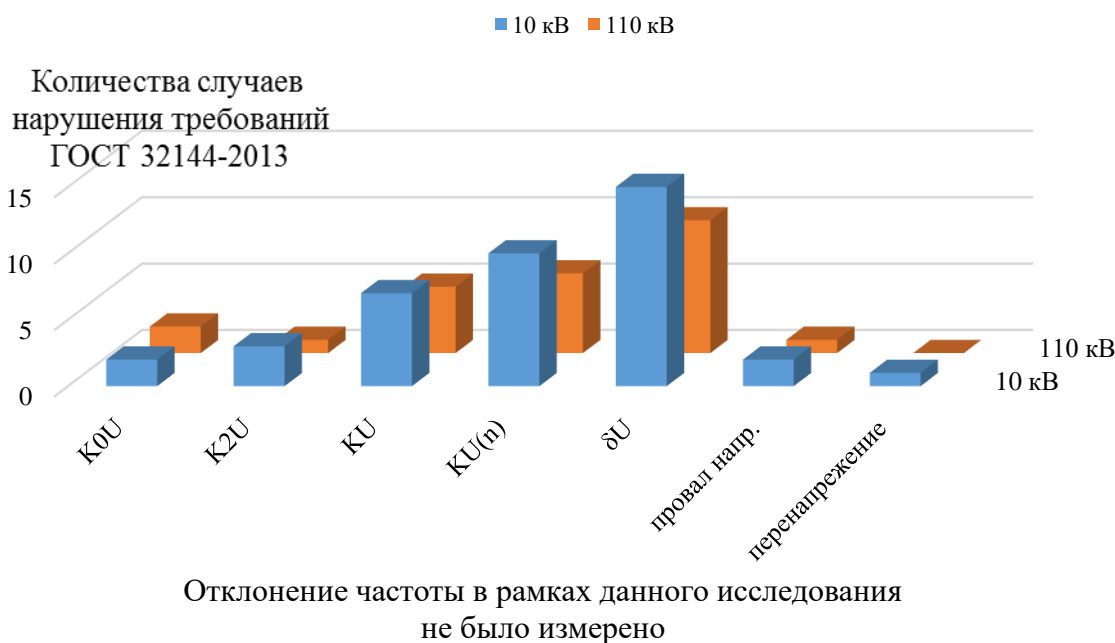


Рис. 3. Количества нарушений ПКЭ от нормативного значения

Установившееся отклонение напряжения  $\delta U_y$ , [%] или медленное изменение напряжения нормируется по [1]. Показателями КЭ в процентах относящимися к медленным изменениям напряжения электропитания, являются отрицательное  $\delta U_{(-)}$  и положительное  $\delta U_{(+)}$  отклонения напряжения:

$$\left. \begin{aligned} \delta U_{(-)} &= \left[ \frac{U_0 - U_{m(-)}}{U_0} \right] \times 100 \\ \delta U_{(+)} &= \left[ \frac{U_{m(+)} - U_0}{U_0} \right] \times 100 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $U_{m(-)}, U_{m(+)}$  – значения напряжения электропитания, меньшие  $U_0$  и большие  $U_0$  соответственно;  $U_0$  – напряжение, равное стандартному номинальному напряжению  $U_{ном}$  или согласованному напряжению  $U_c$ .

В качестве примера рассмотрим результаты измерений, проведенных на вводе напряжением 6 кВ подстанции «Водозбор» (рисунок 4).

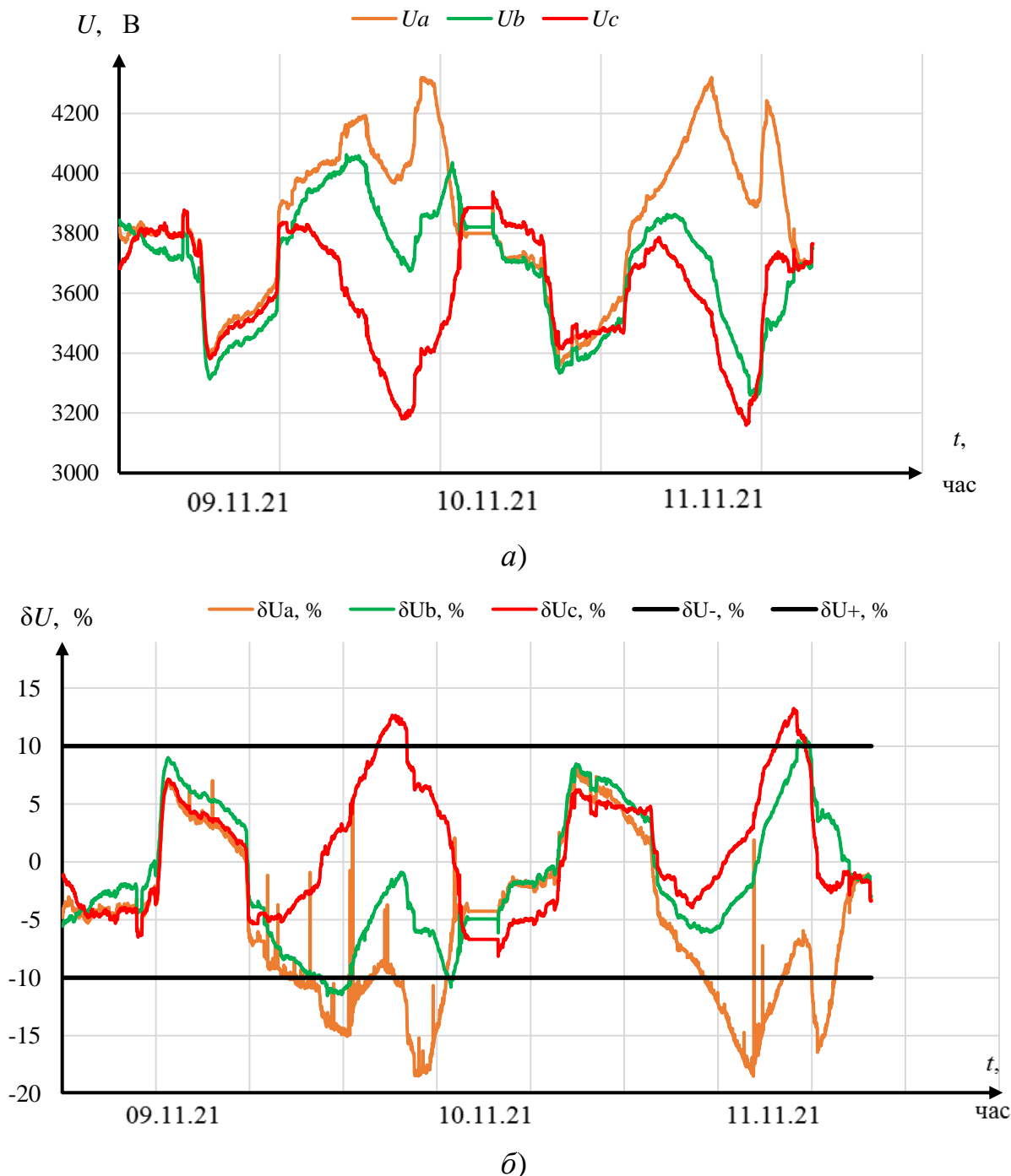


Рис. 4. Графики изменения фазных напряжений (а) и медленного изменения напряжения (б) на подстанции «Водозбор» (насосная станция), на вводе трансформатора на стороне 6 кВ за период с 09.11.2021 г. (11:37) по 11.11.2021 г. (11:35)

Как видно из рисунка 4б, значения медленного изменения напряжения выходят за пределы допустимого стандартного нормируемого значения,

положительное отклонение напряжения равно  $\delta U_{(+)} = 13,06 \%$  и отрицательное отклонение напряжения равно  $\delta U_{(-)} = -18,51 \%$ .

Известно, что изменение напряжения в основном зависит от нарушения баланса реактивной мощности, поэтому используя, вышесказанные причины следует сказать, что обеспечение требуемого напряжения в узлах электрических сетей можно достигнуть двумя способами:

- за счет регулирования напряжения в центре питания;
- путем снижения потерь напряжения в элементах сети.

Первый способ можно реализовать с помощью изменения коэффициента трансформации трансформатора, другими словами, с помощью устройства РПН, которые в настоящее время в трансформаторах рассматриваемой сети не функционируют должным образом. А второй способ, снижение потерь напряжения в линиях, можно реализовать путем снижения их сопротивления за счет увеличения сечения проводов или применением устройств продольной емкостной компенсации, которые при последовательном подключении уменьшают индуктивное сопротивление линии:

$$X'_l = X_L - X_C \leq X_l \quad (5)$$

Для оценки уровня реактивной мощности, в качестве примера приводим результаты измерения реактивной мощности на подстанции «Водозбор» (рис. 5).

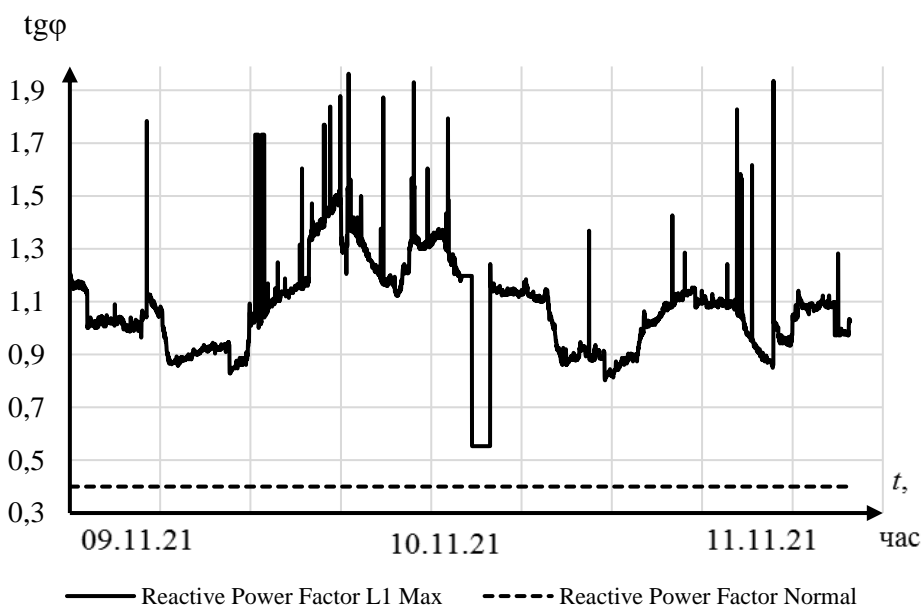


Рис. 5. Результаты измерений коэффициента реактивной мощности на подстанции «Водозбор» (насосная станция), на вводе трансформатора на стороне 6 кВ за период с 09.11.2021 г. (11:37) по 11.11.2021 г. (11:35)

Как видно из рис. 5 значения коэффициента реактивной мощности за весь период измерений выходят за пределы нормативного значения. Максимальное значение данного коэффициента составляет 1,96, а минимальное составляет 0,53, что больше допустимого значения 0,4. Большой уровень реактивной мощности связан с тем, что в данной сети основная нагрузка - насосные станции.



Суммарный коэффициент гармонической составляющей ( $K_U$ ) и коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей ( $K_{U(n)}$ ) напряжения не соответствуют нормативным требованиям в рассматриваемой электрической сети. Значение суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжений нормируются по [1], в зависимости от класса напряжения электрической сети.

По результатам измерений были зафиксированы провалы напряжения, первоначальной причиной которых является короткое замыкание, ошибки персонала, ложные срабатывания релейной защиты и автоматики, частые коммутации в электрических сетях из-за ограничений потребления электроэнергии и т.п. За период измерений были зафиксированы провалы напряжения. Например, за время измерений на подстанции «Водозобор» (насосная станция), на вводе трансформатора на стороне 6 кВ (10.11.2021г. (08:45:26); 11.11.2021г. (04:45:46); 11.11.2021г. (08:23:46)) было зафиксировано три провала напряжения максимальная глубина и время провала которого составила  $\delta U_{\text{п}} = 27,7 \%$  и  $\Delta t_{\text{п}} = 0,1 \text{ с}$ .

### **Выводы**

1. Сделан доскональный обзор состояния южной части электрической сети электроэнергетической системы Республики Таджикистан;
2. Произведены инструментальные измерения показателей качества электроэнергии и параметров электрической энергии в исследуемой электрической сети и приведен анализ полученных результатов;
3. Определены причины ухудшения ПКЭ и пути устранения выявленных нарушений, существующими методами.

### **Литература**

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

### **Авторы:**

к.т.н., доцент **Абдулкеримов С.А.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +74953627910  
E-mail: top.df.mpei@ya.ru

к.т.н., доцент **Назиров Х.Б.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992933161684  
E-mail: [hurshed84@mail.ru](mailto:hurshed84@mail.ru)

к.т.н., доцент **Джуразода Ш.Дж.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992934831100  
E-mail: [dzhuraevsh@mpei.ru](mailto:dzhuraevsh@mpei.ru)

соискатель **Джаборов М.К.**  
ТГУ имени акад. М.С. Осими  
734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а  
Телефон (+992) 987369191  
E-mail: [manuchehrjkm@mail.ru](mailto:manuchehrjkm@mail.ru)

Докторант PhD **Хабибуллозода З.Х.**  
ТГУ имени акад. М.С. Осими  
734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а  
Телефон (+992) 882203307  
E-mail: [szhpei@internet.ru](mailto:szhpei@internet.ru)

## **УЧЕТ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКОВ РАБОТЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

*Е.Ю. Яковлева*

Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Волжск, Россия

*Р.А. Яковлев*

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

В результате исследования была создана методика, которая позволяет находить компромиссные решения для формирования среднесрочных режимов работы гидроэнергетической системы. Методика была разработана на примере Волжско-Камского каскада ГЭС.

**Ключевые слова:** гидроэнергетическая система, гидроэнергетический комплекс, оптимизация режимов работы ГЭС, каскад ГЭС, единая энергетическая система.

## **ACCOUNTING FOR THE NEEDS OF THE UNIFIED ENERGY SYSTEM OF RUSSIA WHEN DEVELOPING OPERATING SCHEDULES FOR HYDROPOWER FACILITIES**

*E.Yu. Yakovleva*

Branch of the National Research University "MPEI" in Volzhsky, Volzhsk, Russia

*R.A. Yakovlev*

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

The study resulted in the development of a methodology that enables us to find reasonable solutions for establishing medium-term operating modes for a hydroelectric

power system. This methodology was tested using the Volga-Kama HPP cascade as an example.

**Keywords:** hydroelectric system, hydroelectric complex, optimization of HPP operation modes, HPP cascade, unified energy system.

### **Основные задачи, связанные с защитой интересов Единой энергетической системы в гидроэнергетических комплексах.**

Электроэнергетика России объединяет более 700 электростанций мощностью свыше 230 ГВт и линии электропередачи протяженностью 2,5 миллиона километров. Основу Единой энергетической системы (ЕЭС) составляют теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и государственные районные электростанции (ГРЭС), занимающие 66% установленной мощности. Атомные электростанции (АЭС) обеспечивают 17%, гидроэлектростанции (ГЭС) — 16%, ветроэлектростанции (ВЭС) — менее 1%.

ЕЭС России превосходит аналогичные системы в других странах благодаря многообразию источников генерации, включая солнечную и ветровую энергетику, которые пока не оказывают значительного влияния.

Гидроэлектростанции в России работают по принципу каскада, что видно на примере Волжско-Камского и Ангаро-Енисейского каскадов. Каскад гидроэлектростанций представляет собой гидроэнергетический комплекс, расположенный на одном водотоке или в одном бассейне.

Каскады гидроэлектростанций обеспечивают энергетическую, гидрологическую и гидравлическую связи.

Энергетическая связь обеспечивается линиями электропередач напряжением 500 и 220 кВ. Гидравлическая связь определяется расходом воды и напором. Гидрологическая связь — перераспределением расхода воды на каждой ступени благодаря регулированию стока водохранилищ.

Ключевые цели, связанные с защитой интересов ЕЭС в гидроэнергетических комплексах:

Работа каскадных гидроэлектростанций требует учета интересов различных организаций и ведомств: региональных министерств экологии и природных ресурсов, сельского хозяйства, коммунального и промышленного водоснабжения, речного транспорта (грузового и пассажирского), рыбного хозяйства и других.

ЕЭС России и другие водохозяйственные участники имеют свои интересы, которые должны учитываться в эффективной модели эксплуатации каскада ГЭС. Индивидуальные правила эксплуатации водохранилищ снижают энергетическую и экономическую эффективность ГЭС. Существующие методы оптимизации устарели или учитывают интересы ограниченного круга водопользователей. Модель должна учитывать изменяющиеся интересы водопользователей и формулировать задачу с неопределенным количеством критериев оптимальности.

**Цели и задачи.** Цель исследования — создание методики поиска компромиссов для определения среднесрочных режимов работы гидроэнергетической системы при неопределённости запросов

водопользователей. В процессе разработки модели учитываются интересы различных сторон: системного оператора ЕЭС, региональных министерств экологии и природных ресурсов, собственников гидроэлектростанций, участников водохозяйственной деятельности. Экологические интересы включают снижение воздействия гидроэнергетики на окружающую среду, а интересы энергосистемы — интервальное распределение производства электроэнергии в соответствии с потребностями. Ограничения водохозяйственной отрасли связаны с отметками на водомерных постах и уровнями нижнего бьефа гидроузлов. Задача расчёта оптимальных среднесрочных режимов заключается в определении режима работы водохранилищ, который соответствует критериям оптимальности и ограничениям.

**Существующие методики оптимизации.** Методы оптимизации режимов работы гидроэнергетических систем, основанные на максимизации выработки электроэнергии ГЭС и минимизации расхода топлива, имеют следующие недостатки:

1. Критерий минимизации расхода топлива устарел.
2. Модель не учитывает требования водохозяйственных, экологических и энергетических систем.
3. Оптимизация основана только на энергетической составляющей.
4. Решение задач должно быть многокритериальным.

Попытки разработать комплексные методы анализа и оценки оптимальных режимов работы каскадных гидроузлов были предприняты, но они сложны в практической реализации и реализованы для небольших систем.

**Разработка стратегии формирования среднесрочных режимов работы гидроэнергетических систем.** Для изучения был выбран Волжско-Камский каскад гидроэлектростанций, расположенный на Волге и Каме. Этот крупнейший в мире каскад производит более 37 миллиардов киловатт-часов электроэнергии в год. В состав каскада входят восемь ГЭС на Волге: Ивановская, Угличская, Рыбинская, Горьковская, Чебоксарская, Жигулёвская, Саратовская и Волжская, а также три ГЭС на Каме: Камская, Воткинская и Нижнекамская. Задача осложняется множеством внешних условий, число которых варьируется в зависимости от внешних и внутренних факторов.

Частные критерии оптимальности  $R_{ij}$  и целевые функции для участников водохозяйственного комплекса (ВХК), кроме ГЭС, сложно выразить количественно. Они зависят от расходов воды  $Q_{ij}$  в каждом гидроузле и в каждый временной период, т.е.  $R_{ij} = R_{ij}(Q_{ij})$ . Участники ВХК могут указать требования к расходам  $Q_{ij}$ , уровням  $Z_{ij}$  или выработке электроэнергии  $P_{ij}$  для максимума эффекта. Требования могут быть в форме максимизации/минимизации параметра или ограничения. Задача оптимального распределения стока между гидроузлами сводится к компромиссному удовлетворению требований по  $Q_{ij}$  или  $Z_{ij}$  или  $P_{ij}$  для всех

участников ВХК. Полученное распределение воды является компромиссным решением задачи многокритериальной оптимизации. Для решения задачи разработана методика последовательных уступок, основанная на качественном анализе относительной важности требований каждого участника.

$$R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) = W_j \rightarrow \max/\min$$

$$R_2(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) = W_j \rightarrow \max/\min$$

...

$$R_n(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) = W_j \rightarrow \max/\min$$

где,  $Q_{i,j}$  – расход воды через гидроузел  $j$  в  $i$ -й интервал времени;

$W_j$  – параметр расхода  $Q_j$  либо уровня воды  $Z_j$  у гидроузла.

На первом этапе решается задача первого по приоритету требования. Затем назначается величина «допустимой» уступки  $\Delta W_1$  для данного требования, и модель переходит к решению задачи второго по приоритету требования. При этом первое требование становится ограничением с условием, что найденное ранее решение  $W_1$  может изменяться в пределах уступки  $\Delta W_1$ .

$$R_2(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) = W_j \rightarrow \max/\min$$

$$R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \geq R_1 - \Delta W_1 \text{ или } R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \leq R_1 + \Delta W_1$$

$$\Delta W_1 \geq 0$$

На следующем этапе добавляются ограничения по второму требованию в пределах.

$$R_3(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) = W_j \rightarrow \max/\min$$

$$R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \geq R_1 - \Delta W_1 \text{ или } R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \leq R_1 + \Delta W_1$$

$$R_2(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \geq R_2 - \Delta W_1 \text{ или } R_2(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \leq R_2 + \Delta W_2$$

$$\Delta W_1 \geq 0 \quad \Delta W_2 \geq 0$$

И так далее, пока не будет решена задача по последнему требованию участника водохозяйственной деятельности гидроэнергетической системы:

$$R_n(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) = W_j \rightarrow \max/\min$$

$$R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \geq R_1 - \Delta W_1 \text{ или } R_1(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \leq R_1 + \Delta W_1$$

$$R_2(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \geq R_2 - \Delta W_1 \text{ или } R_2(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \leq R_2 + \Delta W_2$$

...

$$R_k(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \geq R_k - \Delta W_b \text{ или } R_k(Q_{1,j} \dots Q_{i,j}) \leq R_k + \Delta W_b \quad k = \overline{1, n-1}$$

$$\Delta W_1 \geq 0 \quad \Delta W_2 \geq 0 \dots \Delta W_k \geq 0 \quad k = \overline{1, n-1}$$

В результате использования этого метода можно создать разнообразные варианты решений при разных комбинациях условий. Анализ количественных показателей этих вариантов позволяет выбрать наиболее подходящие.

Полученное распределение воды и уровней можно считать оптимальным решением задачи многокритериальной оптимизации.

Этот метод имеет практическое применение.

В ходе исследования была создана стратегия поиска оптимальных решений для определения режимов работы гидроэнергетической системы в среднесрочной перспективе.

В качестве примера был выбран Волжско-Камский каскад ГЭС, где необходимо было учесть неопределённое количество требований участников водохозяйственного комплекса.

Разработанная стратегия позволит сбалансировать интересы единой энергетической системы, удовлетворить требования водохозяйственного комплекса и обеспечить экологическую безопасность.

### **Литература**

1. Цветков Е.В., Алябышева Т.М., Парфенов Л.Г. Оптимальные режимы гидроэлектростанций в энергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1984. 303 с.

2. Левит-Гуревич Л.К. Рациональное управление водными ресурсами водохранилищ на примере Волжско-Камского каскада // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т.14. №4. С. 2343-2354.

### **Авторы:**

Магистрант **Яковлева Е.Ю.**

Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

404110, Россия, Волгоградская область, г. Волжский, проспект Ленина, 69

Телефон/факс: 8 (995) 409-44-31

E-mail: e.y.soloveva@vfmei.ru

Студент **Яковлев Р.А.**

Волгоградский государственный технический университет

400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

# СЕКЦИЯ 3. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИРРИГАЦИЯ

## ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Р.Х. Бейтуллаева*

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

В статье приводятся мероприятия, выполненные для достижения энергосбережения и энергетической эффективности эксплуатации в Управление насосных станций и энергетики при Аму-Кашкадарьинском бассейновом управлении ирригационных систем. Проведён мониторинг выполненных работ и достигнута значительная экономия энергии и денег.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, устаревшее оборудование, замена оборудования, конденсаторные батареи, преобразователи частоты.

## PROBLEMS OF ENERGY SAVING AND EFFICIENT USE OF ELECTRICITY IN WATER MANAGEMENT SYSTEMS

*R.Kh. Beitullaeva*

Karshi engineering economics institute, Karshi city, Uzbekistan

The article presents the measures taken to achieve energy saving and energy efficiency of operation in the Department of pumping stations and energy at the Amu-Kashkadarya basin irrigation systems department. Monitoring of the work performed was carried out and significant energy and money savings were achieved.

**Key words:** energy saving, energy efficiency, obsolete equipment, equipment replacement, capacitor banks, frequency converters.

В Республике Узбекистан в среднем потребление электрической энергии составляет 53,8 млрд.кВт.часов электроэнергии. На промышленные предприятия приходится 41,9% вырабатываемой энергии и 30,8 % вырабатываемой энергии приходится на водное хозяйство и сельских потребителей. В настоящее время в агропромышленной сфере крупные скотоводческие, птицеводческие и другие хозяйства преобразованы в небольшие фермерские хозяйства, за счёт этого в технологическом процессе не сформировано участие электрооборудования и поэтому основное потребление электроэнергии приходится на сельское и водное хозяйства (30,8%) где в основном электрическая энергия потребляется потребителями крупных, средних и малых насосных станций [3].

Постановлением № ПП-44-22 одобрена Комплексная программа дальнейшего повышения энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрения энергосберегающих технологий и развития

возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан на 2019-2025 годы. Целью настоящей программы является регулирование отношений в области экономии энергии, ее рационального использования и повышения энергоэффективности.

Увеличение объёма удельной мощности в сетях водного хозяйства возникает за счёт объективных и субъективных причин. К ним относятся длительная и непрерывная эксплуатация оборудования на насосных станциях, подстанциях и в электрических сетях, устаревшее оборудование и увеличение потерь электрической энергии. Можно указать негативные причины которые вызывает износ оборудования вследствие увеличения зазора между рабочей камерой и колесом уменьшается коэффициент полезного действия, уменьшения электродвижущей силы в электродвигателе, потеря ресурсов в кабеле и в воздушных линиях, ослабление проводимости за счёт понижения напряжения линии подводимой от трансформатора, низкая производительность насосных агрегатов, понижение коэффициента мощности в электродвигателях увеличение потерь мощности за счёт увеличения потребления металлов, уменьшение удельной проводимости в проводах электрических линий, не выполнение требований электрической и механической прочности изоляционного материала и других отрицательных последствий. Для устранения данных недостатков и достижения энергосбережения и энергетической эффективности эксплуатации в Управление насосных станций и энергетики при Аму-Кашкадарьинском бассейновом управление ирригационных систем были разработаны и выполнены мероприятия направленные на рациональное использование электроэнергии и повышения энергоэффективности, [1] а также был проведён мониторинг с 2015 по 2023 годы.

**Замена в насосных станциях электродвигателей и насосов.** Замена старых насосов и электродвигателей на более современные и энергоэффективные. Нам известно, что замена насосов на современные, более эффективные модели снижает энергопотребление на 1-2%; замена электродвигателей – на 1-3%;- подрезка и замена рабочих колёс – на 10-20%;- параллельная установка насосов для каскадного регулирования подачи – на 10-30%; снижение частоты вращения – на 5-40%; регулирование подачи с помощью частотного преобразователя (по сравнению с регулированием задвижками) – на 10-60% [2].

Начиная с 2015 по 2023 года на предприятии были заменены 119 двигателей в результате чего сэкономлено 0,678 млн.кВт.часов; заменены 45 насосов в результате чего сэкономлено 0,767 млн.кВт. часов;

**Установка конденсаторных батарей.** Конденсаторные батареи могут помочь сократить расходы на электроэнергию за счет улучшения коэффициента мощности и снижения колебаний напряжения. Это может сэкономить предприятию деньги на счетах за электроэнергию. Начиная с 2015 по 2023 года на предприятии установлено 20 конденсаторных батарей в результате чего сэкономлено 0,606 млн. кВт. часов.



**Управление электрическими двигателями с помощью преобразователей частоты.** В насосных станциях оснащённых асинхронными двигателями существуют следующие отрицательные факторы такие как пуск двигателей, аномальные режимы, регулирование скорости двигателя. За счёт создания на выходе преобразователя частоты напряжение заданной частоты, что позволяет снизить пусковые токи и регулировать потребляемую мощность двигателя в зависимости от фактической нагрузки.

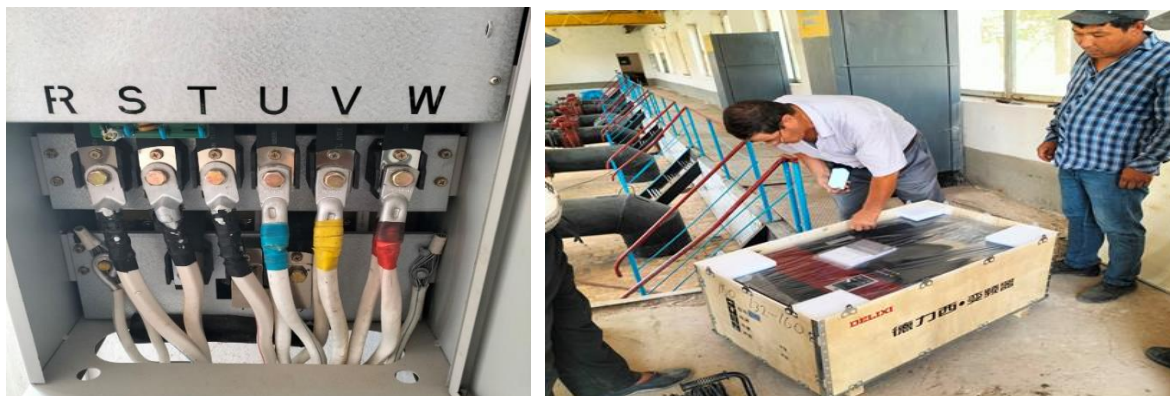


Рис 1-2. Процесс установки преобразователя частоты для плавного пуска электродвигателя на насосной станции «Кунгир-2» Камашинского района

За счет значительной экономии электроэнергии инвестиции в преобразователи частоты окупаются за разумный период. В общем случае применение преобразователей частоты для управления электродвигателями позволяет сэкономить как минимум 30% электроэнергии по сравнению с традиционными способами управления двигателями. На рисунках 1-2 показан процесс установки преобразователя частоты для плавного пуска электродвигателя на насосной станции «Кунгир-2» Камашинского района. На насосных станциях предприятия в течение с 2015 по 2023 годы установлены 57 преобразователей частоты и сэкономлены 0,149 млн. кВт. часов.

**Энергосбережение с помощью фотоэлектрических солнечных станций.** В системах водного хозяйства решении проблем энергосбережения с помощью солнечных батарей является одним из лучших способов достижения высоких результатов. На насосных станциях установлена 51 солнечная батарея и сэкономлено 0,029 млн.кВт. часов. На рис 3-4 показан монтаж и расположение солнечных фотоэлектрических панелей для административного здания *Управления насосных станций* и энергетики при *Аму-Кашкадарьинском бассейновом управлении* ирригационных систем.

**Достижения энергосбережения за счёт замены кабельных линий.** Бесперебойная работа в сетях электроснабжения, кратковременная и и долговременная нагрузка, аномальные режимы работы, аварии, скачки тока нагрузки, тепловые и механические повреждения приводят к выходу кабеля из строя. В основном на кабельных линиях устанавливаются от 10 до 12 муфт. За счёт старения изоляции кабеля происходит нарушение прочности диэлектрических параметров, что приводит к потерям энергии. Произведена

замена 8,367 км., кабеля за счёт этого сэкономлено 4,133 млн.кВт.часов электроэнергии.



Рис. 3-4. Солнечная электростанция мощностью 30 кВт установлена для административного здания на территории Управления насосных станций и энергетики при Аму-Кашкадарьинском бассейновом управлении ирригационных систем

**Энергосбережение в осветительных установках.** Электроосвещение тоже приводит к избыточному потреблению электрической энергии на насосных станциях. До сих пор случаются случаи, где здания насосных станций оснащены устаревшими светильниками с лампами накаливания и газоразрядными лампами. На насосных станциях предприятия была произведена замена устаревших светильников с лампами накаливания на светодиодные лампы в количестве 4000 шт., за счёт этого сэкономлено 0,704 млн.кВт.часов.

**Выводы:** Министерством сельского и водного хозяйства разработана Программа по эффективному использованию электрооборудованию насосных станций запланированная на 2019 по 2025 годы. В целях выполнения этой программы было заменены двигатели, насосы, установлены конденсаторные батареи преобразователи частоты, установлены фотоэлектрические солнечные панели, заменены несколько тысяч километров кабеля. С помощью этих мероприятий было достигнута значительная экономия энергии и денег.

### Литература

1. Закон «Об электроэнергетике» (ЗРУ №939 от 07.08.2024 года)
2. В.Ф.Чебаевский, К.П.Вишневский, Н.Н.Накладов Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. –М. «Колос», 2000.-376с.
3. Бейтуллаева Р. Х. Анализ управления режимами работы насосов насосной станции «Гувалак» //Universum: технические науки. – 2024. – Т. 6. – №. 3 (120). – С. 67-70.
4. Urishev, B., Beytullayeva, R., Umirov, A., & Almardonov, O. (2021). Hydraulic energy storage of wind power plants. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 04053). EDP Sciences.
4. Beitullaeva, R., Tukhtaev, B., Norboev, A., Nimatov, K., & Djuraev, S. (2023). Analysis of pump operation in common pressure pipelines using the example of the “Chirchik” pumping station. In E3S Web of Conferences (Vol. 460, p. 08015). EDP Sciences.

6. Yusupov, D. T., Ismoilov, I. K., Norboev, A. E., Beytullaeva, R. X., & Yuldashev, A. A. (2024). Development of a simulation model for assessing the technical condition of oil power transformers by measuring vibroacoustic parameters. In E3S Web of Conferences (Vol. 510, p. 04014). EDP Sciences.

**Автор:**

доц. **Бейтуллаева Р..Х.**

Каршинский инженерно-экономический институт

180100, Узбекистан г. Карши улица Мустакиллик 225 дом.

Телефон/факс: +998 555 00 99 44

E-mail: beytullaevr@mail.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Т.Ш. Гайибов*

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

*Т.У. Тошев, Ш.Ж. Тоштурдиев*

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Проектирование солнечных фотоэлектрических систем предусматривает выбор оптимального состава входящих в них элементов с учетом условий их долгосрочной эксплуатации. В настоящее время отсутствуют алгоритмы решения такой задачи, основанные на использовании строгих математических моделей и методов оптимизации с учетом всех влияющих факторов. В данной работе предлагается математическая модель и алгоритм оптимизации состава элементов автономных солнечных фотоэлектрических систем с учетом ограничивающих условий.

**Ключевые слова:** фотоэлектрическая система, солнечная панель, аккумуляторная батарея, капиталовложение, эксплуатационные затраты, математическая модель, алгоритм оптимизации.

## **OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF EQUIPMENT FOR SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

*T.Sh. Gayibov*

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

*THAT. Toshev, Sh.Zh. Toshturdiev*

Karshi engineering economics institute, Karshi city, Uzbekistan

The design solar photovoltaic systems involves the selection of the optimal composition of their constituent elements, taking into account the conditions of their long-term operation. In present the algorithms based on using the of rigorous mathematical models and optimization methods taking into account all influencing factors is not created. This paper proposes a mathematical model and algorithm for optimization the composition of elements of autonomous solar photovoltaic systems, taking into account limiting conditions.

**Key words:** photovoltaic system, solar panel, storage battery, capital investment, operating costs, mathematical model, optimization algorithm.

## Введение

В современных условиях интенсивного развития энергетики актуальным является внедрение в систему генерации электроэнергии станций, работающих на возобновляемых источниках энергии, в частности, солнечных фотоэлектрических систем (СФЭС). Внедрение таких систем, в первую очередь, требует разработку соответствующих прогрессивных методов их проектирования и эксплуатации с учетом всех влияющих факторов. Одна из основных задач, решаемых при проектировании СФЭС является выбор оптимального состава их элементов с учетом всех влияющих факторов.

В настоящее время существуют ряд работ по моделированию и решению задач проектирования генерирующих систем на основе возобновляемых источников энергии [1]. Они, несомненно, внесли большой вклад в развитии теории и методов решения данной задачи. Однако, они не свободны от некоторых недостатков, связанных, в частности, с невозможностью непосредственного использования их для решения рассматриваемой задачи, отсутствием строгих математических моделей и методов расчета.

Важные результаты по эффективному решению рассматриваемой задачи приведены в [2]. Они предусматривают решения задачи в двух этапах. Несмотря на то, что данная модель и алгоритм решения является более эффективным по сравнению с другими (с точки зрения решения рассматриваемой в данной работе задач) целесообразным является его усовершенствование на основе приведения процесса решения к одному этапу и использования строгих математических моделей и методов решения.

В данной работе предлагается эффективная математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации состава элементов СФЭС, состоящей из солнечных панелей, аккумуляторной батареи и других установок преобразования, управления, регистрации и соединения.

Здесь можно также учитывать снижение эксплуатационных расходов в связи с развитием технологии и улучшением условий эксплуатации. В настоящее время годовое снижение эксплуатационных расходов за счет влияния этих факторов можно принять 5% [3].

## Математическая модель и алгоритм оптимизации.

Таким образом, после некоторых несложных преобразований рассматриваемая задача математически формулируется в следующем виде:

Целевая функция:

$$Z = 1,525 \cdot C_{PV} \cdot N_{PV} + 1,9 \cdot C_{BS} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par} \rightarrow \min \quad (1)$$

ограничения

$$R_{sol}^{(t)} \cdot A \cdot N_{PV} \cdot \eta_{PV} \cdot \eta_{El} - P_{BS}^{ch(t)} + P_{BS}^{dch(t)} = P_L^{(t)}, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (2)$$

$$0 \leq P_{BS}^{ch(t)} \leq P_{1BS}^{ch,max} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par}, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (3)$$

$$0 \leq P_{BS}^{dch(t)} \leq P_{1BS}^{dch,max} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (3a)$$

$$W_{1BS}^{\min(t)} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par} \leq W_b + \sum_{i=1}^t P_{BS}^{ch(i)} - \sum_{i=1}^t \frac{P_{BS}^{dch(i)}}{\eta_{BS}^{(i)}} \leq \leq W_{1BS}^{\max(t)} \cdot N_{BS.ser} \cdot N_{BS.par}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^T P_{BS}^{ch(i)} - \sum_{i=1}^T \frac{P_{BS}^{dch(i)}}{\eta_{BS}^{(i)}} = 0, \quad (5)$$

где  $P_{1BS}^{ch.max}$ ,  $P_{1BS}^{dch.max}$  - допустимые максимальные зарядная и разрядная мощности одной аккумуляторной батареи;  $\eta_{BS}^{(i)}$  - КПД аккумуляторной батареи в  $i$ -м временном интервале;  $W_{1BS}^{\min(t)}$ ,  $W_{1BS}^{\max(t)}$  - минимальный и максимальный допустимые значения электроэнергии, которые могут быть накоплены в одной аккумуляторной батарее в  $t$ -м временном интервале.

Полученная задача (1)-(5) представляет собой задачу линейного математического программирования. Поэтому для её решения предлагается алгоритм, основанный на использовании метода линейного программирования.

В результате решения задачи находятся значения всех  $2(1+T)$  неизвестных, т.е.  $N_{PV}$ ,  $N_{BS.par}$  в  $P_{BS}^{ch(1)}$ ,  $P_{BS}^{ch(2)}$ , ...,  $P_{BS}^{ch(T)}$ ,  $P_{BS}^{dch(1)}$ ,  $P_{BS}^{dch(2)}$ , ...,  $P_{BS}^{dch(T)}$ . Полученные значения  $N_{PV}$ ,  $N_{BS.par}$  округляют до целого числа в большую сторону. Затем, по  $N_{BS} = N_{BS.par} \cdot N_{BS.ser}$  определяют общее число аккумуляторов в батарее.

## Результаты

Эффективность предложенной математической модели и алгоритма оптимизации состава элементов солнечных фотоэлектрических систем исследована на примере выбора составов солнечных панелей и аккумуляторных батарей в автономной СФЭС.

Суточный период представлен восемью характерными временными интервалами. Графики нагрузок потребителя и удельной мощности падающей солнечной радиации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Графики нагрузок потребителя и удельной мощности падающей солнечной радиации.

$t$ , ч.	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_L$ , кВт	3,8	6,0	12,8	15,2	11,6	15,6	18,0	6,5
$R_{sol}^{(t)}$ , кВт/м <sup>2</sup>	0,0	0,0	0,35	0,65	0,75	0,45	0,1	0,0

В качестве примера выбраны по одному типу солнечной панели и аккумуляторной батареи.

Параметры выбранного типа солнечной панели:

Место производства: Anhui, China; Номер модели: SUN410-430 DE21M; Тип: PERC, Shingled Solar Panel, монокристаллический кремний; срок службы: 25 лет; максимальная мощность: 415 Вт; размер поверхности панели: 1723x1134 мм; эффективность: 20%; удельная стоимость: 0,19 \$/Вт.

Параметры выбранной аккумуляторной батареи:

Место производства: Guangdong, China; Номер модели: GE100AH/ 12V(100); тип: Gel Lead Battery; срок службы: 10 лет; Размер аккумулятора: 12V, 100AH; стоимость одного аккумулятора: 91 \$/шт.

В расчетах КПД аккумуляторной батареи во всех временных интервалах приняты  $\eta_{BS}^{(i)}=0,85$ . Напряжение сети принят 220 В.

Оптимальное число солнечных панелей, полученное в результате решения задачи на основе использования предложенной математической модели и алгоритма расчета:  $N_{PV}= 107,67 \approx 108$  шт. Оптимальное число параллельно соединенных ветвей с 20 аккумуляторами в каждом:  $N_{BS,par}= 8,05 \approx 8$  шт. Соответственно, общее число аккумуляторов в батарее по (9):  $N_{BS} = 20 \times 8 = 160$  шт. Минимальное значение целевой функции:  $Z_{min} = 40650,59$  \$.

В таблице 2 приведены полученные оптимальные мощности зарядки и разрядки аккумуляторной батареи по временным интервалам суток.

Таблица 2

Оптимальные мощности зарядки и разрядки аккумуляторной батареи.

$t$ , ч.	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{BS}^{ch.(t)}$ , кВт	0,0	0,0	1,63	11,60	19,32	2,95	0,0	0,0
$P_{BS}^{dch.(t)}$ , кВт	3,8	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,88	6,5

Достоверность полученного результата оптимизации проверена на основе сопоставления их с множеством случайно выбранных допустимых решений, при которых значения целевой функции оказались больше, чем при использовании предложенной модели и алгоритма.

Эксплуатация СФЭС, построенной на основе определенного оптимального состава элементов, осуществляется посредством оптимального планирования их краткосрочных режимов работ [4-7].

### Заключения

1) Предложены математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации состава элементов автономных СФЭС, основанные на использовании строгих математических связей и методов линейного программирования;

2) на основе исследования вычислительных качеств предложенной математической модели и алгоритма оптимизации на конкретном примере показана их высокая эффективность;

3) предложенная математическая модель и алгоритм оптимизации состава элементов СФЭС могут быть использованы при проектировании эксплуатации таких систем.

### Литература

1. Zhang, Junli & Wei, Huashuai. (2022). A review on configuration optimization of hybrid energy system based on renewable energy. *Frontiers in Energy Research*. 10. 10.3389/fenrg.2022.977925.
2. Freire-Gormaly, M., & Bilton, AM. "Optimization of Renewable Energy Power Systems for Remote Communities." *Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Volume 2A:

41st Design Automation Conference. Boston, Massachusetts, USA. August 2–5, 2015. V02AT03A030. ASME. <https://doi.org/10.1115/DETC2015-47509>.

3. Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Fluri, Dominik Peper, Aschkhan Davoodi Memar, Thomas Schelegl. “Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies,” 2021

4. Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Julch, Huyen-Tran Nguyen, Thomas Schelegl. “Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies,” 2018.

5. Tulkin Gayibov and Elnur Abdullaev. Optimization of daily operation mode of photovoltaic systems of enterprises. E3S Web of Conferences 264, 04063 (2021). CONMECHYDRO – 2021.

6. T.Sh. Gayibov, B.A. Uzakov, E.A. Abdullaev. (2020) Optimization of loading schedules of consumers with own stations on the basis of renewable energy sources. Journal of critical reviews. 7 (15) 1738-1742.

7. T.Sh. Gayibov, T.U.Toshev. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarida ishlovchi elektr stansiya jihozlarining optimal tarkibini tanlash. Innovatsion texnologiyalar jurnali. 2024. 3(55)-son. 91-101 b.

### **Автор:**

д.т.н., проф. Гайибов Т.Ш.

Ташкентский государственный технический университет,  
100095, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, д. 2А

Телефон: +998 (90)-186-16-11 ;

**E-mail:** [tulgayibov@gmail.com](mailto:tulgayibov@gmail.com) ;

доц. Тошев Т.У.

Каршинский инженерно-экономический институт,  
180100, Узбекистан, г. Карши, ул. Мустакиллик, д. 225

Телефон: +998 (91)-221-48-94 ;

**E-mail:** [tojiddin20.02.85@gmail.com](mailto:tojiddin20.02.85@gmail.com).

магистр, Ш.Ж.Тоштурдиев

Каршинский инженерно-экономический институт,  
180100 Узбекистан, г.Карши, ул. Мустакиллик, д. 225

Телефон: +998 (91)-221-48-94

**E-mail:** [tojiddin20.02.85@gmail.com](mailto:tojiddin20.02.85@gmail.com).

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН**

*А.Д. Ахророва*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

*С.А. Абдулкеримов, З.С. Ганиев, Р.С. Ишан-Ходжаев*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

В связи с дефицитом гарантированной генерируемой мощности, для улучшения электроснабжения населения отдаленных районов, Правительством Республики Таджикистан было принято решение об использовании полного

потенциала ВИЭ. При этом, учитывая большой гидропотенциал республики, приоритетное направление отдано развитию гидроэнергетики.

**Ключевые слова:** электроэнергетическая система, вырабатываемая мощность, электроэнергия, дефицит, проект, малые гидроэлектростанции.

## EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM OF SMALL HYDROPOWER DEVELOPMENT IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

*A.D. Ahrorova*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

*S.A. Abdulkerimov, Z.S. Ganiev, R.S. Ishan-Khojaev*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

Due to the shortage of guaranteed generated power, in order to improve power supply to populated remote areas, the Government of the Republic of Tajikistan decided to use the full potential of renewable energy sources. At the same time, given the large hydro potential of the republic, priority is given to the development of hydropower.

**Key words:** electric power system, generated power, electricity, deficit, project, small hydroelectric power plants.

Распад СССР в 1991 году, привел ко многим необратимым процессам в экономике стран постсоветского пространства. Произошел распад единой энергосистемы Советского Союза, в том числе произошла самоликвидация Объединенной энергетической системы (ОЭС) Средней Азии с центром в г. Ташкенте, в состав которой входила энергосистема Таджикской ССР.

Электроэнергетическая система Таджикистана, за исключением Горно-Бадахшанского электрического узла, единая централизованная. Отличительной особенностью энергосистемы Таджикистана является то, что из 6,557 ГВт установленной мощности энергосистемы, 87,6% приходится на долю ГЭС, которые генерируют около 87 % суммарной генерации электроэнергии в Республике. Другая специфика системы заключается в том, что свыше 97 % мощностей всех ГЭС расположены на реке Вахш и построены по каскадному методу. Также необходимо отметить, что Нурекская ГЭС располагает водохранилищем сезонного регулирования и была построена, в первую очередь для удовлетворения ирригационных потребностей и функционировала исключительно по жестким правилам бывшего Министерства водного хозяйства СССР. Теперь исходя из национальных целей, она технологически находится в подчинении Центрального Диспетчерского Управления ОАО «Барки Точик» и выполняет только энергетические функции. Электрическая связь между процессами производства и потребления осуществляется по высоковольтным линиям электропередачи классов напряжения 110, 220 и 500 кВ. В структуре



потребления электроэнергии доминирующая роль принадлежит коммунальному хозяйству.

Другой отличительной особенностью электроэнергетической системы Таджикистана является то, что она, не обеспечивая в полном объёме потребности отраслей народного хозяйства Таджикистана в электроэнергии, из-за низкой обеспеченности гарантированной мощности генерирующих мощностей. В зимний период в течение 3-4 месяцев до 2016 года 80% населения республики имело ограниченный доступ к потреблению электроэнергии. Многочисленные отдаленные высокогорные населенные пункты, после распада советского государства, с консервацией (демонтажа) дизельных установок не имеют доступа к электроэнергии уже много лет.

Распад единой энергосистемы СССР привел к тому, что Республика Таджикистан, в сфере электроснабжения столкнулась с большими трудностями. Если во времена СССР дефицит мощности покрывался за счет перетоков мощности из объединённой энергосистемы, то независимое государство РТ должно было само обеспечивать производство необходимого количества электрической энергии для потребителей. Производственные энергетические мощности РТ не могли, а также, по настоящий момент не могут обеспечивать выработку электрической энергии в полной мере. По этой причине, в 90-х годах 20-го века и по настоящий момент практикуются веерные отключения, из-за дефицита мощности, который в настоящий момент достигает до 5 миллиардов кВт·ч в год.

То есть энергетическая система Таджикистана не в состоянии удовлетворять потребности промышленности и населения, особенно в зимний период. Климатические тенденции, связанные с увеличением температурой в летний период, также провоцируют рост электропотребления и нагрузки на водохозяйственную систему страны.

В результате поисков, Правительство страны решило использовать наработки передовых государств в сфере использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Было принято решение использовать весь потенциал ВИЭ, которым обладает Таджикистан. Для этого, на законодательном уровне, были приняты программы по развитию энергоустановок с использованием ВИЭ.

Исходя из объективных условий, учитывая большой гидропотенциал республики, приоритет был отдан развитию малой гидроэнергетике, которая могла улучшить электроснабжение отдельных высокогорных районов РТ.

В целях осуществления принятых решений был создан в 2006 году государственный «Центр управления проектами электроэнергетического сектора». Центр должен был осуществлять координацию всех проектов электроэнергетического сектора, при различных источниках финансирования (государственные, иностранные и прочие инвестиции).

Была подготовлена программа развития на 2007 – 2020 годы, а впоследствии, после корректировки «Долгосрочная программа строительства малых гидроэлектростанций на период 2009 – 2020 годы» [1]. Это программа состояла из трёх этапов:

- I этап на период 2009 – 2011 гг.;
- II этап на период 2012 – 2015 гг.;
- III этап на период 2016 – 2020 гг.;

В соответствии с этой программой необходимо было построить 189 гидроэлектростанций (МГЭС), общая установленная мощность, которых составляет 103,18 МВт, а ориентировочная стоимость 123134 млн.\$.

В итоге реализации долгосрочной программы на 2009 – 2020 гг. построены 247 малых и мини ГЭС, суммарная мощность, которых составила около 50 МВт, что составляет 48,5 % от запланированной. При этом с 1997 по 2009 годы, в Горно-Бадахшанской Автономной Области были построены 57 электростанций [1 – 4].

На сегодняшний день более 80 % - ов МГЭС, построенных в стране не функционируют по различным причинам, а также на многих полностью демонтировано оборудование. Аналогичная ситуация сложилось и на МГЭС, построенных в северной и центральной частях республики, где половина из этих электростанций не функционируют, а у других вырабатываемая мощность не превышает 10 % номинального значения (рисунок 1).

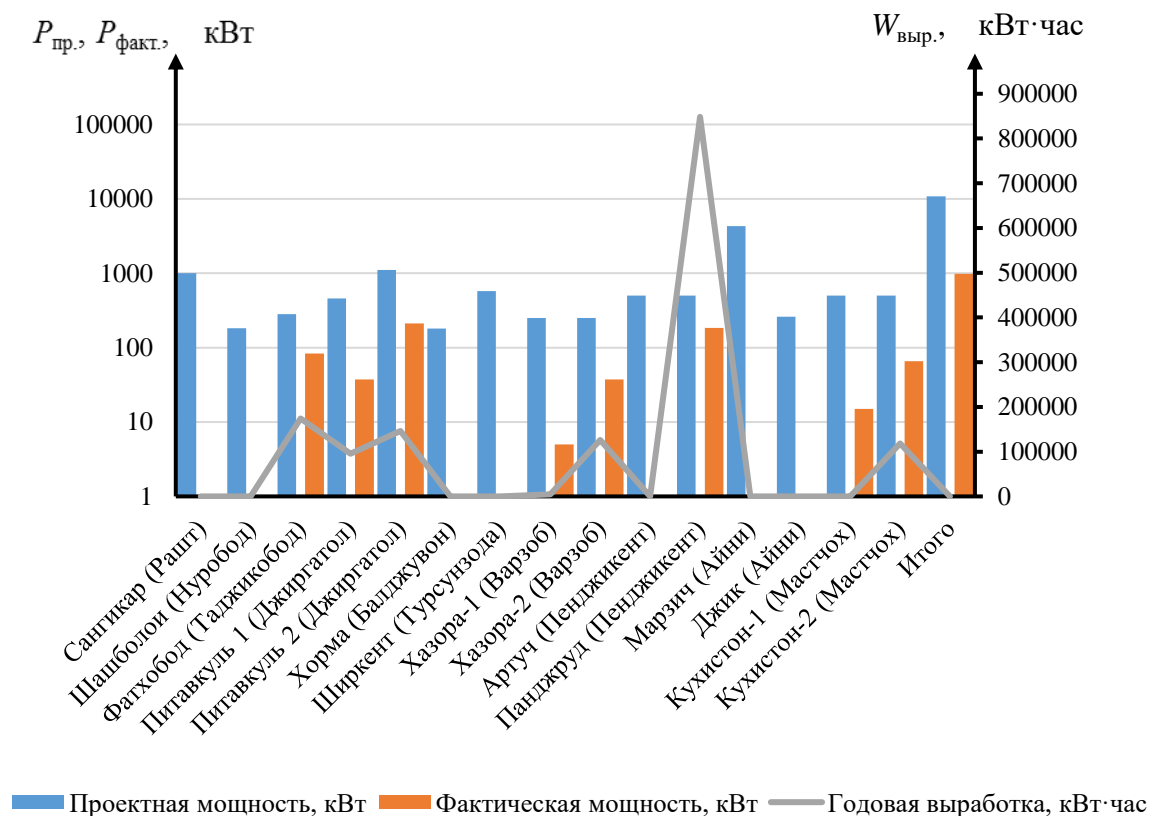


Рис. 1. Малые ГЭС, построенные в северном и центральном регионах РТ

Как видно из рисунка 1, суммарная годовая выработка электроэнергии на этих станциях составляла всего 3 464 660 кВт·ч против 95 054 760 кВт·ч проектной мощности рассматриваемых малых ГЭС. Такие низкие показатели построенных малых ГЭС в Таджикистане свидетельствуют о наличии комплекса объективных и субъективных технических недоработок, и

упущений при проектировании, строительстве и эксплуатации этих источников электроэнергии.

Обзор, подробное изучение и анализ законченных и уже реализованных технических проектов малых ГЭС в Таджикистане, а также интервью с высококвалифицированными экспертами в области проектирования, строительства и эксплуатации гидроэнергетических объектов показали, что на всех стадиях реализации проектов имели место серьезные технические ошибки, которые привели к большим проблемам при сооружении и эксплуатации функционирующих генерирующих энергетических объектов.

Факторы, тормозящие освоение гидроэнергетического потенциала малых водотоков, которые стабильно повторяются за последние 20 лет, приведены на рисунке 2.



Рис. 2. Факторы, тормозящие гидроэнергетическое освоение малых водотоков

## Выводы

I. В Республике Таджикистан за последние 10-15 лет особое внимание уделено развитию микро и малой гидроэнергетики. За указанный период были построены более 300 микро и малых ГЭС. Однако практически 80% энергетических установок оказались не пригодными для работы из-за низкого уровня проектирования, строительных работ и эксплуатации.

II. Практика эксплуатации микро и малых ГЭС показала, что в высокогорных районах, в децентрализованных системах электроснабжения, в зимний период эксплуатации, эти установки без дублирующих источников энергии не могут удовлетворять потребность населения в электроэнергии. Необходимо пересмотреть разработанные программы развития сельской

электроэнергетики, с учетом других видов возобновляемых источников энергии. Например, энергии солнца, ветра, а также использование биомассы.

III. Устранение факторов, отрицательно влияющих на развитие малой гидроэнергетики, позволит обеспечить долгосрочную и эффективную работу МГЭС.

### **Литература**

1. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. – Душанбе – 2016. – 104 с.
2. Постановление от 4 июня 1997 года № 267 «О развитии малой энергетики Республики Таджикистан».
3. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. – Алматы, 2011 – с. 36.
4. Закон Республики Таджикистан об использовании ВИЭ, г. Душанбе, 12 января 2010 года, №587.

### **Авторы:**

д.э.н., профессор **Ахророва А.Д.**  
ТТУ имени акад. М.С. Осими  
734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а  
Телефон: +992935120089  
E-mail: aalpha@mail.ru

к.т.н., доцент **Абдулкеримов С.А.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +74953627910  
E-mail: top.df.mpei@ya.ru

к.т.н. **Ганиев З.С.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992933887070  
E-mail: zoko1981@mail.ru

ст. преп. **Ишан-Ходжаев Р.С.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: +992907700740

# ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ДУШАНБИНСКОЙ ТЭЦ)

*Б.Р. Бокиев*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

Основным назначением водоподготовительной установки тепловых сетей является обеспечение стабильности воды с точки зрения образования отложений на теплообменных поверхностях и снижение её коррозионной активности. Источником исходной воды для подпитки тепловых сетей являются три основных водовода и один аварийный. В начале вода используется в качестве охлаждения на конденсаторах турбин. Вода подается в конденсатор повысительными насосами сырой воды. Подогретая до 30 – 400 °С вода насосами сырой воды подается в вакуумные деаэраторы. Подпиточными насосами часть поступает в аккумуляторные баки, часть подается в обратный трубопровод, откуда сетевыми насосами подается на бойлеры и нагретая до определенной температуры, поступает в теплотель.

**Ключевые слова:** водоснабжение, теплотель, теплоэлектроцентраль, охлаждение, насос сырой воды, источник, коррозия.

И

# WATER TREATMENT PLANT FOR HEATING NETWORKS (USING THE EXAMPLE OF THE DUSHANBE THERMAL POWER PLANT)

*B.R. Bokiev*

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

The main purpose of the water treatment plant of heating networks is to ensure the stability of water in terms of the formation of deposits on heat exchange surfaces and to reduce its corrosion activity. The source of the initial water for feeding the heating networks are three main water mains and one emergency one. At the beginning, water is used as cooling on the turbine condensers. Water is supplied to the condenser by raw water booster pumps. Water heated to 30-400C is supplied to vacuum deaerators by raw water pumps. Part of it enters the storage tanks by make-up pumps, part is supplied to the return pipeline, from where it is supplied to the boilers by network pumps and, heated to a certain temperature, enters the heating network.

**Key words:** water supply, heating network, combined heat and power plant, cooling, pump, raw water, source, corrosion.

Город Душанбе расположен в предгорьях Гиссарского хребта на берегу рек Варзоб (Душанбинка), Лучоб и Кафарниган, преимущественно вдоль реки Душанбинка на ее пойменных и надпойменных террасах. Естественной границей, проходящей по руслу река Варзоб (Душанбинка) город условно разделен на левобережную и правобережную части.

Существующая система водоснабжения города по ее назначению является объединенной: хозяйственно - противопожарно - производственной;

по способу подачи воды - смешанной (напорно - гравитационной); по источникам водоснабжения - смешанной (с использованием поверхностных и подземных вод). Водоснабжение жилой застройки и большинства промышленных предприятий осуществляется через водозаборы станций “Самотечного”, “Напорного”, Кафирниганского и Юго- Западного водопроводов.

Для обеспечения тепловой и электрической энергией была построена и введена в эксплуатацию Душанбинская теплоэлектростанция (ТЭЦ). В конце 2000-х годов были проведены работы по реконструкции и модернизации Душанбинской ТЭЦ.

На Душанбинской ТЭЦ установлены: 2 агрегата мощностью 35 МВт; один агрегат - 42 МВт и один агрегат - 86 МВт. Тепловая схема станции выполнена с поперечными связями и допускает выделение на блочную работу с турбогенераторами. Исходная вода поступает на Душанбинскую теплоэлектростанцию по трем водоводам, пропускной способностью от 800 до 1800 м<sup>3</sup>/час.. Суммарный расход водопроводной воды, не превышает 3000 м<sup>3</sup>/час. Вода горводопровода поступает на всас подкачивающих повысительных насосов. При достаточном напоре в водопроводе, вода помимо повысительных насосов может быть подана на конденсаторы турбин.

Душанбинскую теплоэлектростанцию отпускает потребителям тепло в виде горячей воды и пара. Система теплоснабжения коммунального хозяйства является открытой, с непосредственным водоразбором. В отдельные периоды водоразбор достигает 4-5 тыс. м<sup>3</sup>/час, для восполнения этих потерь в тепловую сеть постоянно подается обработанная на водоподготовительной установки подпиточная вода. Качество подпиточной воды должно соответствовать требованиям:

- ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая».

- Не быть агрессивной по отношению к металлу трубопроводов и теплообменников.

- Не образовывать отложений в теплообменниках.

Основным источником поступления окислов железа в воду тепловых сетей является коррозионные процессы, протекающие в пределах самой теплоэлектростанции и в магистральных трубопроводах.

Причиной коррозии до деаэраторов является присутствие в воде агрессивных газов (O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>), а после деаэраторов – неудовлетворительно деаэрированная вода. Внутренняя коррозия тепловых сетей вызывается наличием в сетевой воде растворенного кислорода и углекислоты, которые попадают в систему с добавочной водой и через неплотности, при наличии разрежения в трубах. В состав тепловых сетей входят следующие элементы подвергающиеся коррозии: подогреватели, бойлера, трубопроводы, насосы. В присутствии кислорода коррозия металла имеет язвенный характер при скоплении продуктов коррозии на поверхности корродируемого металла. Растворенный в воде кислород, является основным фактором, определяющим интенсивность коррозии. Результатом взаимодействия кислорода и железа в присутствии влаги является образование гидроокси двухвалентного железа.

Вторым важным фактором, влияющим на процесс коррозии, является наличие в воде угольной кислоты. Двуокись  $\text{CO}_2$  при растворении в воде образует угольную кислоту, диссоциирующую с образованием водорода:

Коррозионный процесс не останавливается, так как образующаяся в результате реакции свободная уголекислота  $\text{CO}_2$  вновь вступает в реакцию. Продукты коррозии ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), возникающие на поверхности металла, если они прочно с ним связаны, могут значительно снизить интенсивность коррозии, перекрывая доступ к металлу агрессивным газам. В присутствии же  $\text{CO}_2$  продукты коррозии отслаиваются возникающим газообразным водородом и уносятся с сетевой водой, оставляя металл незащищенным от воздействия коррозионных факторов.

Основным назначением водоподготовительной установки тепловых сетей является обеспечение стабильности воды с точки зрения образования отложений на теплообменных поверхностях и снижение её коррозионной активности. Источником исходной воды для подпитки тепловых сетей являются три основных водовода и один аварийный. Основными водоводами подается вода питьевого качества, аварийным – техническая (с ГЭС-3). 1 и 3 – й водоводы – артезианская вода, 2 - й водовод - напорный – речная вода. В начале вода используется в качестве охлаждения на конденсаторах турбин. Вода подается в конденсатор повысительными насосами сырой воды. Подогретая до  $30\text{-}40^\circ\text{C}$  вода насосами сырой воды подается в вакуумные деаэраторы, перед вакуумными деаэраторами имеется врезка подачи комплексона и щелочи. Затем подпиточными насосами часть поступает в аккумуляторные баки, часть подается в обратный трубопровод, откуда сетевыми насосами подается на бойлера и нагретая до определенной температуры, поступает в теплосеть. Вакуумные деаэраторы серии ДВ предназначены для удаления коррозионно-агрессивных и инертных газов из подпиточной воды теплосети.

Для питания паровых котлов, работающих под давлением  $10,0$  МПа пригодна вода, в которой практически отсутствуют все примеси, находящиеся в обычной воде как в истинно-растворенном, так и в коллоидном и грубодисперсном состоянии. Для достижения цели исходная вода проходит две последующие стадии обработки на водоподготовительной установке:

- Предварительная обработка – осаждение с последующей фильтрацией на механических фильтрах.
- Окончательная обработка – обессоливающая путем фильтрации воды через специальные ионообменные смолы – иониты.

На Душанбинской теплоэлектроцентрали использована следующая схема водоподготовительной установке:

1. известкование с коагуляцией в осветлителях.
2. фильтрация на механических фильтрах.
3. двухступенчатое обессоливание на ионитных фильтрах по сокращенной схеме.

Производительность водоподготовительной установке  $240$  м<sup>3</sup>/час. Основным источником водоснабжения является вода р. Душанбинки

(ГЭС-3). На водоподготовительной установке исходная вода подается из напорного водовода насосами сырой воды. Дополнительным источником водоснабжения является водопроводная вода (Кафирниганская). Исходная вода подогревается в подогревателях сырой воды до температуры 38-40 °С и по двум ниткам поступает в осветлители. После известкования и коагуляции вода насосами подается на осветлительные механические фильтры, загруженные антрацитом. Отфильтрованная вода проходит последовательно через катионитные фильтры I и II ступени, декарбонизатор, анионитные фильтры II ступени, собирается в баки обессоленной воды, откуда насосами подается в деаэраторы и затем в котлотурбинный цех для восполнения потерь пара и конденсата в системе питания котлов.

Предварительная очистка воды производится с использованием металлов осаждения. Известкования и коагуляции в осветлителях. Известкованием достигается связывание ионов, подлежащих удалению, в малорастворимые соединения, осаждающиеся в виде шлама, который затем удаляется из обрабатываемой воды. Основным назначением известкования является удаление из воды связанной и свободной углекислоты, снижение щелочности и сухого остатка исходной воды с одновременным её умягчением. Известкованием, совмещенным с коагуляцией, достигается обезжелезивание поверхностной воды, удаление органических веществ, цветности воды и частичное её обескремнивание. Правильное проведение процесса предочистки позволяет удалить из исходной воды – взвешенные и коллоидные примеси практически полностью:

Чем больше примеси будет удалено при пред очистке с минимальными потерями воды, тем меньше нагрузка на обессоливающую часть водоподготовительной установке, тем меньше расход реагентов и потери воды на собственные нужды водоподготовительной установке.

## Литература

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. – М.: Издательство МЭИ, 2003.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 2001.
3. Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 1982.

## Автор:

к.т.н., доцент **Бокиев Б.Р.**  
ТТУ имени акад. М.С. Осими  
734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10  
Телефон (+992 ) 935407240  
E-mail: [Bokiev.70@mail.ru](mailto:Bokiev.70@mail.ru)



# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

*Р.З. Юлдашев*

Частный консультант по энергетике

*З.Ш. Юлдашев*

Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемур, Душанбе, Таджикистан

В статье рассматривается разработанное устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата. Приводится структурная схема устройства для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата. При использовании разработанного устройства появляется возможность оперативно контролировать энергоемкость работы насосного агрегата в период эксплуатации. При повышении энергоемкости работы насосного агрегата или какого-либо элемента больше допустимого на мониторе появится сообщение о повышении энергоемкости элемента и энергоемкость работы насосного агрегата.

**Ключевые слова:** Энергоемкость, насосный агрегат, электродвигатель, энергетический паспорт

## DEVICE FOR DIAGNOSTICS AND DETERMINING THE ENERGY CAPACITY OF A PUMPING UNIT

The article discusses the developed device for diagnostics and determination of the energy intensity of the pumping unit. The structural diagram of the device for diagnostics and determination of the energy intensity of the pumping unit is given. When using the developed device, it becomes possible to promptly monitor the energy intensity of the pumping unit during operation. If the energy intensity of the pumping unit or any element increases more than the permissible value, a message about the increase in the energy intensity of the element and the energy intensity of the pumping unit will appear on the monitor.

**Keywords:** *Energy intensity, pumping unit, electric motor, energy passport.*

### **Введение**

В народном хозяйстве насосные агрегаты используются практически во всех энерготехнологических процессах производства всех видов продукции, в том числе при орошении. Обоснование актуальности проблемы энергосбережения при использовании насосных агрегатов приведены в работе [1].

### **Результаты**

На основании обзора наиболее существенных устройств нами была поставлена и решена задача оперативного контроля энергетических параметров, в том числе, энергоемкости работы насосного агрегата, с получением его энергетического паспорта [2, 3].

На рисунке 1 приведена структурная схема устройства для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата. Для удобства и упрощения чтения фигуры группы соединений пронумерованы римскими цифрами.

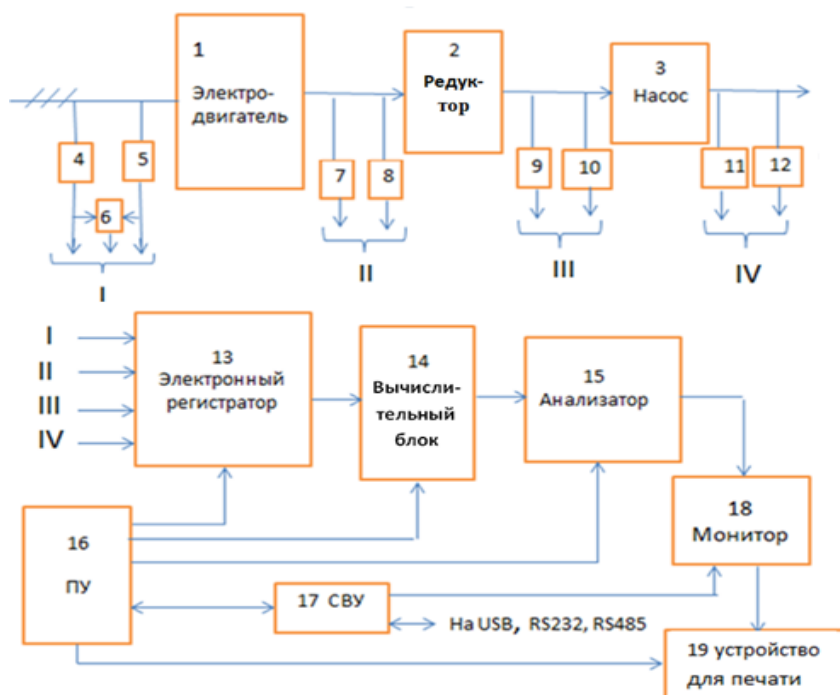


Рис. 1. Структурная схема устройства для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата:

1-электродвигатель (ЭД), 2-редуктор, 3-насос, 4-измеритель напряжения, 5-измеритель тока, 6-измеритель  $\cos\phi$ , 7-измеритель крутящего момента, 8-измеритель скорости вращения, 9-датчик крутящего момента, 10-датчик скорости вращения, 11-измеритель напора, 12-измеритель расхода, 13-электронный регистратор, 14-вычислительный блок, 15-анализатор, 16-пульт управления, 17-система высшего уровня, 18-монитор, 19-устройство для печати.

Данное устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата позволяет проводить все измерения на элементах насосного агрегата без вмешательства в силовую электрическую часть насосного агрегата.

После установки измерительных приборов при подаче питания на ЭД вращательное движение поступает на вход редуктора, который в свою очередь вращает насос, вследствие чего происходит подача жидкости с напором  $H$  и расходом  $q$  (процесс заливки насоса не рассматривается).

Измеритель тока и измеритель напряжения измеряют на каждой из фаз величины тока и напряжения. На вход измерителя  $\cos\phi$  поступают от выходов измерителя тока и измерителя напряжения измеренные параметры. Измеритель  $\cos\phi$  определяет на каждой из фаз значение  $\cos\phi$ . Измеренные значения с выхода измерителя тока, измерителя напряжения и измерителя  $\cos\phi$  поступают на вход электронного регистратора. На выходе ЭД установлены измеритель крутящего момента и измеритель скорости

вращения, с выходов которых измеренные параметры поступают на вход электронного регистратора. На выходе насоса установлены измеритель напора и измеритель расхода, с выходов, которых измеренные параметры поступают на вход электронного регистратора. На электронном регистраторе происходит регистрация измеренных параметров непрерывно с задаваемым интервалом. Длительность интервала регистрации зависит от поставленной задачи экспериментальных исследований, а также от быстротечности самого энерготехнологического процесса подъема жидкости (динамических характеристик). Результаты регистрации с выхода электронного регистратора поступают на вход вычислительного блока, в котором происходит вычисление и расчет на входах ЭД, редуктора и насоса, а также на выходе насоса [4, 5].

Можно привести множество примеров повышения энергоемкости работы насосного агрегата (снижения энергоэффективности работы насосного агрегата):

- снижение напряжения сети – приводит к снижению мощности ЭД;
- появление вибрации ЭД – приводит к повышению механических потерь энергии;
- попадание влаги на обмотки ЭД – происходит снижение сопротивление изоляции обмоток, вызывает потери энергии на нагрев обмоток, приводит к пробое изоляции обмоток;
- снижение уровня масла в редукторе – приводит к потере мощности, передаваемой редуктором;
- нарушение соосности соединительных муфт (на фигуре не показаны) – приводит к вибрации и потере мощности;
- по мере использования износ внутренней поверхности рабочего колеса насоса – приводит к снижению напора и расхода жидкости за единицу времени.

### **Выводы**

Таким образом, при использовании разработанного устройства появляется возможность оперативно контролировать энергоемкость работы насосного агрегата в период эксплуатации. При повышении энергоемкости работы насосного агрегата или какого-либо элемента (асинхронный двигатель, редуктор, насос) больше, например, 10-15% на мониторе появится сообщение о повышении энергоемкости элемента и, следовательно, энергоемкость работы насосного агрегата. Это позволит своевременно устранить недостатки и ввести необходимые корректировки на элементе (например, замена на более энергоэффективный), где зафиксировано повышение энергоемкости работы один из элементов или насосного агрегата в целом.

### **Литература**

1. Стасинопулос П. Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инжинирингу для устойчивого развития. –М.: Эксмо, 2012. – 288 с.
2. Малый патент №ТJ362 РТ. МПК (2006) G 01 L 3/24. Стенд для определения энергетических параметров электродвигателя / Авторы: В.Н. Карпов, З.Ш. Юлдашев, Р.З. Юлдашев. -№1000455, заявл. 23.04.10.: опуб. 09.08.10. Бюл. №59(3).

3. Пат. №2449251 РФ. МПК<sup>6</sup> G 01 L 3/24. Устройство для определения энергетических параметров электродвигателя и относительной энергоёмкости, выполненной им работы / Авторы: Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш., Юлдашев Р.З.; - №2010110913; заявл. 22.03.10; опубл. 27.04.12. Бюл. №12. -13 с.

4. Юлдашев З.Ш. Стенд для контроля энергетических параметров электродвигателей и относительной энергоёмкости, выполненной ими работы. - Известия СПбГАУ. -2010. -№21. -С. 276-280.

5. Технический каталог. Владимирский электромоторный завод. -2007. -108 с.

## **Авторы:**

Кандидат технических наук **Юлдашев Р.З.**

Частный консультант по энергетике

Г. Душанбе, улица Шамси, дом 24, кв. 48.

Телефон: 777-16-22-16.

E-mail: [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru)

Доктор технических наук, доцент **Юлдашев З.Ш.**

ТАУ имени Ш. Шотемур

Г. Душанбе, проспект Рудаки, 146.

Телефон: 777-16-22-16.

E-mail: [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru)

## СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОСУДАРСТВА ИЛИ ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ

*П.В. Бойкачев, С.И.Амельченко, В.А. Тимощенко, М.С. Колос*  
Военная академия Республики Беларусь, Минск, Белоруссия

Атомная энергетика представляет собой двойственный феномен, обеспечивающий страны надежным, низкоуглеродным источником электроэнергии, способствующим энергетической безопасности и снижению зависимости от ископаемых носителей. Тем не менее, использование атомной энергии связано с серьезными экологическими рисками, включая потенциальные ядерные аварии и воздействие на экосистемы.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, ядерные технологии, атомная электростанция, энергетическая безопасность, парниковые газы, окружающая среда.

### NUCLEAR ENERGY: ENERGY SECURITY OF THE STATE OR A SOURCE OF ECOLOGICAL THREAT

*P.V. Boykachev, S.I. Amelchenko, V.A. Timoshchenko, M.S. Kolos*  
Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Nuclear power is a dual phenomenon that provides countries with a reliable, low-carbon source of electricity, contributing to energy security and reducing dependence on fossil fuels. Nevertheless, the use of nuclear power is associated with serious environmental risks, including potential nuclear accidents and impacts on ecosystems.

**Keywords:** nuclear energy, nuclear technology, nuclear power plant, energy security, greenhouse gases, environment.

Развитие ядерных технологий – сложный путь, который включает в себя передовые научные, инженерные, организационные и экологические достижения. Атомная энергетика играет ключевую роль в предотвращении глобального потепления и переходе на экологически чистую генерацию, содействует росту объемов промышленного производства и экспорта продукции, положительно влияет на другие сферы экономики. Отрасль обладает всеми необходимыми технологиями для безопасного и эффективного обращения с радиоактивными отходами. Атомные электростанции (АЭС) производят электроэнергию 24 часа в сутки вне зависимости от погодных условий, занимая небольшую площадь и позволяя защитить обширные территории и экосистемы. Следует отметить предсказуемость цены: на стоимость ядерной энергии на энергорынке, на которую не влияют сырьевые колебания цен.

По данным МАГАТЭ, реакторы обеспечивают почти 10% всей электроэнергии в мире и 25% всей низкоуглеродной электрогенерации [1]. Экономическая и социальная эффективность производства энергии состоит в следующем: конкурентоспособность в сравнении с традиционными и альтернативными источниками; стоимость ядерного топлива в общих затратах невелика, что позволяет строить долгосрочные прогнозы ценообразования; она практически не связана с ценами на традиционные источники энергии; непрерывное развитие и инвестиции в отрасль снижают затраты на первоначальные вложения; атомная энергетика предопределяет улучшение качества жизни населения, рост его состояния и уровня образования. Как отметил Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко, «развитие атомной энергетике наряду с модернизацией действующей энергосистемы, использованием возобновляемых источников энергии, сокращением энергоемкости ВВП и диверсификацией источников поступления углеводородного сырья является важнейшим фактором обеспечения энергетической безопасности страны, реальной возможностью противостоять диктату монополистов и минимизировать ущерб при возникновении критической ситуации» [2]. В ноябре 2023 г. введен в эксплуатацию пусковой комплекс БелАЭС из двух энергоблоков – важнейший высокотехнологичный проект, объединивший белорусские и российские научные и инженерные школы, десятки предприятий и тысячи специалистов. На текущий момент доля электроэнергии, вырабатываемой на БелАЭС в общем объеме ее производства, составляет более 25%. В будущем планируется довести этот показатель до 40%.

Ввод в эксплуатацию мощного ядерного источника энергии, производящего около 18,5 млрд кВт/ч, обеспечит надежное развитие топливно-энергетического комплекса и даст возможность решить ряд задач: вывести из топливного цикла значительные объемы органического топлива; диверсифицировать энергетические источники; улучшить экологическую обстановку в РБ; повысить инвестиционную привлекательность региона размещения АЭС, расширить его социальные и экономические возможности. Дополнительный импульс получают отрасли и сферы национальной экономики, включая высокотехнологичный сектор.

Атомная генерация – один из самых чистых способов производства энергии, доступных на текущий момент. В отличие от электростанций, работающих на газе, мазуте и угле, АЭС не являются источником выбросов углекислого газа, в связи с этим атомная энергетика играет все более важную роль в укреплении энергетической безопасности и смягчении последствий изменения климата. 3/4 общемировых выбросов парниковых газов приходится на энергетический сектор, внутри которого лидирует электроэнергетика. В заявлении МАГАТЭ, которое в ходе Конференции ООН по климату в Дубае в декабре 2023 г. поддержали десятки стран, было отмечено, что для борьбы с изменением климата мир нуждается в ядерной энергетике, и необходимо расширить использование этого экологически чистого источника энергии, чтобы построить «низкоуглеродный мост» в будущее [3].

Развитие атомной энергетики приобретает особое значение в контексте реализации Парижского соглашения, которое ставит своей целью сокращение выбросов в атмосферу. Многие страны, включая ЕС, США, Японию и Китай, принимают различные стратегии по достижению углеродной нейтральности на горизонте 2030–2060 гг. В этой связи необходимо помнить, что атомная энергетика является низкоуглеродным источником генерации, прямые выбросы  $\text{CO}_2$  от АЭС практически отсутствуют. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), выбросы парниковых газов от атомной энергетики на всем жизненном цикле равны 12 т  $\text{CO}_2$ -эквивалента на ГВт/ч. Для сравнения: у ветроэлектростанций – 11 т, гидроэлектростанций – 24 т, солнечных установок – 48 т, газа – 490 т, угля – 820 т  $\text{CO}_2$ -эквивалента на ГВт/ч [4]. Соответствие требованиям устойчивого развития означает не только минимальные выбросы парниковых газов, но и отсутствие риска отрицательного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

В апреле 2021 г. Объединенный исследовательский центр при Еврокомиссии представил детальные критерии и выкладки по сравнению атомной энергетики с другими видами генерации на окружающую среду сопоставима с другими традиционно «зелеными» видами электроэнергии. При этом исследование показывает, что атомная энергетика имеет самую низкую материалоемкость в сравнении с другими низкоуглеродными видами генерации. Важно, что для размещения АЭС требуется сравнительно небольшая площадь (28 га).

Однако существует необходимость подробно рассмотреть угрозы исходящие от АЭС при ее эксплуатации. Одной из самых серьезных исходящих угроз от АЭС, являются потенциальные ядерные аварии. Исторические случаи, такие как Чернобыльская катастрофа в 1986 году и авария на Фукусиме в 2011 году, продемонстрировали, как быстрые и разрушительные последствия могут возникнуть в результате технических неисправностей, человеческих ошибок или природных катастроф.

При аварии может произойти выброс радионуклидов в окружающую среду, ведущий к загрязнению воздуха, воды и почвы. Радиоактивные изотопы имеют длительное время полураспада, что означает, что загрязнение может сохраняться в окружающей среде на протяжении десятилетий, а иногда и столетий. Управление радиоактивными отходами остаётся одной из главных проблем, связанных с атомной энергией. Отходы могут включать использованное ядерное топливо, а также материалы, загрязненные радионуклидами. Необходимы безопасные и надежные методы для хранения высокорadioактивных отходов на длительные сроки. Нехватка таких решений может привести к утечке радиоактивных материалов и загрязнению.

АЭС может оказывать значительное воздействие на окружающую среду, начиная с процесса добычи уранового топлива и заканчивая выбросами в результате работы станции. Открытые шахты для добычи урана и строительство АЭС могут привести к разрушению экосистем, нарушению биотопов и потере биоразнообразия. Сбросы подогретой воды из систем

охлаждения АЭС могут нарушить экосистемы водоемов и привести к необратимым изменениям в экосистеме.

### **Заключение**

АЭС, несмотря на свои преимущества в обеспечении энергетической безопасности и снижении углеродных выбросов, несут в себе серьезные угрозы, которые требуют внимательного анализа и контроля. Ядерные аварии, проблемы с управлением радиоактивными отходами и воздействие на экосистемы являются ключевыми аспектами, которые должны учитываться при разработке политики в области атомной энергетики. Существует необходимость внедрения более строгих стандартов безопасности, повышения прозрачности в управлении отходами. Только комплексный подход сможет максимально снизить риски и минимизировать негативное воздействие АЭС на окружающую среду и здоровье человека.

### **Литература**

1. МАГАТЭ публикует данные по ядерной энергетике и опыту эксплуатации АЭС за 2023 год [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/magate-publikuet-dannye-po-yadernoy-energetike-i-opytu-ekspluatatsii-aes-za-2023-god>. - Дата доступа 04.12.2024.
2. Что дало и что даст Беларуси развитие атомной энергетики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e-cis.info/news/566/116186/>. - Дата доступа 04.12.2024.
3. Ядерная энергетика: программное заявление МАГАТЭ на КС-28 поддержали десятки стран [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2023/12/1447342>. - Дата доступа 04.12.2024.
4. Развитие атомной энергетики – необходимое условие глобальной климатической повестки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://energypolicy.ru/razvitie-atomnoj-energetiki-neobhodimoe-uslovie-globalnoj-klimaticheskoy-povestki/business/2021/14/08/>. - Дата доступа 04.12.2024.

### **Авторы:**

**К.т.н., доцент Бойкачев П.В.**

УО «ВА РБ»

220057, Республика Беларусь, Минская область, г. Минск, пр. Независимости, 220

Телефон/факс: +375297794536

E-mail: pashapasha.boj@mail.ru

**Амельченко С.И.**

УО «ВА РБ»

220057, Республика Беларусь, Минская область, г. Минск, пр. Независимости, 220

Телефон/факс: +375333596200

E-mail: sergeyamelchenko18@gmail.com

**Тимошенко В.А.**

УО «ВА РБ»

220057, Республика Беларусь, Минская область, г. Минск, пр. Независимости, 220

Телефон/факс: +375333540712

E-mail: timosenkovaleria75@gmail.com



**Колос М.С.**  
УО «ВА РБ»  
220057, Республика Беларусь, Минская область, г. Минск, пр. Независимости, 220  
Телефон/факс: +375292583164  
E-mail: mashakolos@gmail.com

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ И ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Д.Ш. Холикова*

Таджикский Технический Университет им. акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В статье приводятся теоретические данные по экологическому познанию воды, её экологической особенности и значению для организмов и хозяйства, особенности её циркуляции в природе. Согласно экологическим и гидрологическим законам, количество воды в природе никогда не «уменьшается», она переходит из одного агрегатного состояния в другое под влиянием факторов окружающей среды, особенно температуры, и постоянно находится в глобальном круговороте.

**Ключевые слова:** экологическое познание воды, экологические свойства воды, экологическое значение воды, минералы, соли, живые организмы

## **ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF WATER AND ITS CHARACTERISTICS**

*D.Sh. Kholiqova*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan

The article presents theoretical data on the ecological knowledge of water, its ecological features and significance for organisms and the economy, and the features of its circulation in nature. According to ecological and hydrological laws, the amount of water in nature never "decreases", it passes from one aggregate state to another under the influence of environmental factors, especially temperature, and is constantly in the global cycle.

**Keywords:** *ecological knowledge of water, ecological properties of water, ecological significance of water, minerals, salts, living organisms*

Вода-бесценный ресурс, самый драгоценный элемент природы и бытия, таинственная субстанция. Она является неотъемлемой частью жизни и является неотъемлемой частью живых организмов. Без неё не только невозможно жить, но и жизнь не может существовать. Вода как неорганическое химическое вещество представляет собой жидкость в нормальном состоянии бесцветную, без запаха и вкуса, которая в зависимости от природных условий приобретает особые характеристики, в неё добавляются растворенные вещества, такие как соли, минералы, газы и т. д., и приобретает характерный цвет, запах и вкус. Её молекула состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода, а соотношение его молекулярной массы составляет 11,11% водорода (H) и 88,89% кислорода (O<sub>2</sub>).

Вода как универсальный растворитель принимает непосредственное участие во всех природных и жизненных процессах. В ней, по сравнению с другими растворителями, вещества более растворимы. Встречается в природе в трех агрегатных состояниях - жидком (обычное состояние), твердом (лед, корка) и паровом (облако, туман, роса) [6]. Согласно экологическим и гидрологическим законам, количество воды в природе никогда не «уменьшается», она постоянно находится в глобальном вращении под влиянием экологических факторов, особенно температуры, переходящей из одного агрегатного состояния в другое. Под действием температуры – 0 °С переходит в твердое состояние - лед, при +100 °С кипит - парообразование, а чем горячее, тем быстрее переходит в парообразное состояние. Таким образом, вода с поверхности земли при нагревании испаряется, образуя туман и облака, а при охлаждении в тропосферном слое - нижнем слое атмосферы, который окружает нас и формирует погоду и климат, - переходит в жидкое или твердое состояние, превращаясь в различные виды осадков и оживляя природу нашей планеты. Постоянно происходит глобальный круговорот воды, формирующий большой или глобальный круговорот веществ [1]. Обмен тепла и влаги между океаном и сушей зависит от круговорота воды. Теплопроводность воды высока, поэтому вода, испаряющаяся с поверхности океана, имеет высокую теплопроводность.

Когда водяной пар превращается в облака, он выделяет тепло, делая воздух теплее. При этом воздух становится теплее, когда идет дождь, чем без него. Таким образом, во время большого и сложного круговорота воды на поверхности планеты Земля происходит широкое распределение тепла и влаги, в котором ключевым является значение частей гидросферы. Кроме того, этот цикл необходим и для циркуляции минеральных веществ. Вода, которая выпадает в виде осадков, прозрачна и не содержит примесей, а при прохождении через горные породы к ней присоединяются минералы. Вода смывает и растворяет все вещества, которые к ней присоединяются. Из ледниковой воды, поверхностных и подземных вод образуются озера, реки, болота и родники, а их воды возвращаются в океаны. Этот бесконечный цикл продолжается регулярно. Как мы уже упоминали, вода прежде всего является неотъемлемой частью живых организмов, то есть жизни. В среднем организм растений и животных на 50% состоит из воды, но есть существа и организмы, которые на 90-95% состоят из воды (пчелы, арбузы, помидоры, коралловые полипы, медузы и др.). Примечательно, что 2/3 человеческого тела также состоит из воды. Примерное количество воды в организме детей в зависимости от возраста составляет 75%, подростков 65%, взрослых 60% и пожилых людей 55%. Взрослые люди с массой тела 70-80 кг имеют в организме соответственно 42-48 кг воды [2].

Установлено, что при уменьшении количества воды в организме человека на 1% возникает чувство жажды, при уменьшении на 5% - риск потери сознания, а при уменьшении на 10% - вероятность смерти. Сколько воды расходуется и выводится из нашего организма, столько мы должны потреблять, чтобы компенсировать это. То есть, чем больше организм

потребляет воды, тем полезнее. В нормальных условиях для человека в день требуется 2,5 литра воды, а в жарких условиях - до 6 литров. В день человек с хорошими условиями жизни тратит в среднем от 100 до 150 литров воды на все свои нужды. Подсчитано, что для производства 1 кг бумаги требуется 100 литров, для 1 тонны пшеницы – 1500 м<sup>3</sup>, для 1 тонны хлопка-более 5000 м<sup>3</sup>, а для производства 1 тонны риса - до 10000 м<sup>3</sup> воды [3, 4]. Ключевая роль воды проявляется в глобальном круговороте веществ и энергии, происхождении и поддержании жизни, химическом и биологическом строении организмов, а также в формировании погоды и климата.

Важность воды многогранна, в том числе ее экологическое, гигиеническое и санитарное, сельскохозяйственное и энергетическое, экономическое и социальное, рекреационное и лечебное, эстетическое и туристическое значение. На самом деле правильно считать воду источником жизни, но с экологической точки зрения понятия «вода» и «жизнь» являются символическими синонимами друг друга. Потому что там, где есть вода, есть и жизнь, и наоборот. В районах постоянных ледяных щитов и пустынях, также есть жизнь и вода или продукты их деятельности. Поэтому вода является единственным условием существования природы, главным природным фактором, незаменимым дополнением к благосостоянию человечества и главной осью устойчивого развития. Поэтому человек все больше нуждается в воде и считает ее чудом и святыней. Водные ресурсы являются основным дополнением к адаптации и устойчивости к последствиям изменения климата (нехватка питьевой и оросительной воды в сельском хозяйстве, засуха, опустынивание, засоление и т. д.). По данным Организации Объединенных Наций (ООН), более 2 млрд человек в мире не имеют доступа к чистой питьевой воде и сильно страдают из-за отсутствия её. Этот вопрос становится все более сложным в связи с неуклонным ростом населения мира. По данным ООН, к 2025 году острую нехватку этого блага будут ощущать 2/3 населения мира.

Наряду с растущим спросом на питьевую воду, эффективное ее использование является одной из основных обязанностей каждого человека и, таким образом, обеспечивает равный доступ к чистой воде. Вода находится в жидком состоянии благодаря водородным связям в широком диапазоне температур, что является причиной ее широкого распространения в природе. Всего в гидросфере составляет 1,39 млн км<sup>3</sup> воды. Гидросфера делится на мировой океан, континентальные воды – поверхностные и подземные. Слой, содержащий в гидросфере всю воду в твердом состоянии (ледники, снега и постоянный поверхностный и подземный лед), называется криосферой (криос – холод, лед и сфайра-покрытие). Мировой океан занимает 71% поверхности Земли. Иными словами, из 510 млн км<sup>2</sup> Земли основные водные ресурсы (океаны, моря, озера, реки и льды) занимают площадь 361,13 млн км<sup>2</sup>. Большую часть из них составляет мировой океан (96,4%), вода в котором солоноватая из-за длительного пребывания в состоянии покоя и постепенного накопления солей и непригодна для потребления человеком и сельского хозяйства. В среднем в 1 литре океанской воды содержится 35 граммов соли,

что составляет 3,5%. Экологически чистые воды относятся к ледниковым (1,86%), подземным водам (около 1,68%) и небольшая часть (0,02%) к поверхностным водам. Хотя поверхностных вод мало, они играют первостепенную роль в биосфере и являются основным источником водоснабжения и орошения. Несмотря на то, что количество воды настолько велико, из-за неравномерного распределения её источников по регионам и непригодности для потребления (соленой, грязной, калорийной), ее нехватка по-прежнему остается важнейшей глобальной проблемой.

Из всех мировых водных ресурсов около 2,5% (35 млн км<sup>3</sup>) составляет экологически чистая и пригодная для потребления вода [5]. Роль воды в формировании человеческой цивилизации является ключевой, и первые центры человеческих цивилизаций расположены близко к источникам воды. Водные ресурсы неравномерно распределены по регионам из-за того, что в природе вода постоянно находится в глобальном круговороте, что приводит к ее избытку в одном месте или дефициту в другом. Поэтому каждый день в одной части мира происходят наводнения и затопления, а в другой части из-за нехватки воды происходят засухи, опустынивание и гибель флоры и фауны, различные смертельные заболевания и, наконец, смерть человека. Поэтому на протяжении всей истории люди много боролись за воду и испытывали много конфликтов и трудностей. В настоящее время они также являются частью конфликтов в различных частях мира, особенно в теплых (тропических) регионах, из-за ограниченного доступа к источникам питьевой воды. В связи с этим вода имеет статус интеграции, процветания и мира, а также необходима для благополучия природы и человека и является источником счастья в жизни человека.

## Литература

1. Атоев М.Х. Экологическое просвещение воды и необходимость сохранения ледников // Просвещение учителя. 2022. № 5. С-34-40.
2. Атоев М.Х. Вода как экологический фактор и инициативы Таджикистана по защите ледников // образование Таджикистана. 2022. № 6. С-47-50.
3. Диловаров Р., Кодиров Н., Самиев А., Имомов А. География (континенты и океаны). - Душанбе: Образование, 2020. 272 с.4. Мухаббатов Х. Вода-источник жизни. - Душанбе: Ирфан, 2003.14 с
5. Мухаббатов Х. Рахимов М. Гафоров Ш. Экономическая и социальная география мира. - Душанбе: Эр-граф, 2013. 352 с.
6. Эртимо Лаура и Сату Континен. Вода. Книга о самом важном веществе в мире. М.: КомпасГид, 2019. 152 С.
7. Зулфонов Б. Экологическое просвещение в образовательных учреждениях, 2015 с. 200 с.

**Автор:**

ассистент Холикова Д.Ш.

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон: +992929682333

## КОНКРЕТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭКОНОМИИ ВОДЫ

*У.Ч. Эшкароев*

Денауский институт предпринимательство и педагогики, Денау, Узбекистан

В статье приводится, что питьевая вода чрезмерно много используется и что очень важно использовать международный опыт в решении существующих проблем, всемерно использовать водосберегающие технологии и если указанные меры не будут немедленно реализованы, мы можем столкнуться с необратимыми последствиями.

**Ключевые слова:** водный ресурс, дефицит воды, грунтовые воды, ирригационная инфраструктура, голые равнины, оползни.

## SPECIFIC PROPOSALS ON WATER SAVING

*U.Ch. Eshkaraev*

Denau Institute of Entrepreneurship and Pedagogy, Denau, Uzbekistan

The article discusses the ruthless waste of drinking water. It is very important to use international experience in solving existing problems, to comprehensively apply water-saving technologies, and if the above measures are not implemented immediately, we may face irreversible consequences.

**Key words:** water resource, water deficit, groundwater, irrigation infrastructure, bare plains, landslides.

Одним из важнейших и необходимых ресурсов для нужд человека на земле является вода. Хотя вода является возобновляемым ресурсом, количество территорий, испытывающих нехватку воды, увеличивается с каждым годом из-за растущего населения мира.

По данным Countrymeters, в 2023 году ежегодный прирост населения планеты составил 83 миллиона человек. Для сравнения, этот показатель равен 1,1% в год. Следует отметить, что объем использования пресной воды увеличивается в 17 раз за период, когда население Земли увеличивается в 3 раза. Более того, по некоторым прогнозам, через 20 лет объем потребности в пресной воде может увеличиться в 3 раза.

По данным Агентства по охране окружающей среды США (EPA), семья, живущая в многоквартирном доме, тратит более 700 литров воды в неделю. Еще выше этот показатель на континентах Азии, Африки и Австралии, где много пыли и жары.

Проблема нехватки воды не нова для Узбекистана. Узбекистан занимает 25-е место в списке стран с проблемами нехватки воды. Уровень дефицита воды в стране оценивается как высокий.

16 сентября 2020 года вопрос внедрения водосберегающих технологий обсуждался на видеоселекторном совещании, проведенном под руководством Президента Шавката Мирзиёева. Отмечается, что за последние 10 лет запасы воды в Узбекистане сократились на 12%, по сравнению с прошлым годом в этом году - на 15%.

Проект UzWaterAware Центральноазиатского регионального экологического центра (МОМЕМ), посвященный вопросам водосбережения, подготовил серию мультипликационных видеороликов при финансовой поддержке Европейского Союза на фоне проблем, связанных с водой. Министерство водного хозяйства Узбекистана является национальным партнером проекта. По мнению организаторов проекта, эти видеоролики на русском и узбекском языках могли бы стать полезным контентом для разъяснения темы водных ресурсов во время онлайн- и офлайн-занятий в образовательных учреждениях. Ролики также можно показывать детям в лагерях.

Там сказано, что на мойку автомобиля резиновым шлангом в течение 15 минут расходуется более 120 литров пресной воды. Прюделав то же самое с ведром, можно сэкономить до 80 литров воды.

Вы когда-нибудь задумывались, что для стирки белья в домашних условиях за неделю расходуется более 1000 литров воды? При мытье рук, чистке зубов и мытье посуды, если кран постоянно открыт (из-под крана вытекает 7-8 литров воды за одну минуту), за неделю расходуется немалое количество воды. При использовании воды в стакане для чистки зубов расходуется всего 200 граммов воды.

По данным Агентства по охране окружающей среды, одно домохозяйство использует более 1000 литров воды только для принятия душа за один день. При высоком давлении из душа может вылиться 20 литров воды в минуту. Поэтому желательно принимать душ не более 5 минут, а увеличивать подачу воды только в случае крайней необходимости.

Кроме того, некоторые люди бросают в туалет мусор, состоящих из пищевых отходов и мелких отходов. Это увеличивает расход воды и вызывает засоры.

Давайте задумаемся, сколько литров чистой воды мы ежедневно выбрасываем в канализацию. Стоит отметить, что очистка такой воды гораздо сложнее, чем грунтовых и речных вод.

Сколько воды используется для полива газонов и деревьев. Поэтому нам следует как можно чаще использовать водосберегающие краны, стиральные и посудомоечные машины. Покупка водо- и энергосберегающей техники поможет нам экономить не только воду, но и электроэнергию.

Эксперты Евразийского банка развития (ЕАБР) изучили состояние ирригационной инфраструктуры в Центральной Азии, проблемы сельского

хозяйства региона, значение орошаемого земледелия для этой отрасли экономики, развитие орошаемых земель и водных ресурсов в регионе.

Сельское хозяйство в странах Центральной Азии является основным потребителем воды. Земли сельскохозяйственного назначения занимают 73,5% территории области. Согласно отчету, в 2020 году 79% воды в Центральной Азии было использовано для орошения. Орошаемое земледелие остается не только основой сельского хозяйства, но и основой продовольственной безопасности региона.

Предлагается использовать международный опыт решения существующих проблем. Прежде всего, необходимо модернизировать ирригационную инфраструктуру путем привлечения инвестиций (в том числе на основе государственно-частного партнерства) и комплексного использования водосберегающих технологий.

По мнению экспертов ЕБРР, все это позволит странам Центральной Азии не только обеспечить свой рынок основными продуктами питания, но и расширить экспорт продуктов питания.

И так, как экономить питьевую воду:

1. Увеличить количество видеороликов, плакатов и слайдов о том, как экономить воду, во всех СМИ и социальных сетях. Семьи, которые экономят воду, должны получать стимулы и льготы.

2. Перед многоэтажными домами следует соорудить сооружения для сбора, отстаивания и очистки воды, выходящей из канализации. Перед вновь построенными многоэтажными домами проект очистного сооружения должен быть включен в строительный паспорт. Очищенную воду следует направлять в туалеты многоэтажных домов отдельным трубопроводом для повторного использования.

3. Мусорные осадки, образующиеся на очистных сооружениях, следует превращать в перегной и вывозить на поля в качестве органического удобрения. Чем больше мы вносим на поля органических удобрений, тем выше урожайность. Повышается влагоудерживающая способность почвы, экономится вода, используемая для полива сельскохозяйственных культур.

4. Необходимо немедленно прекратить выпас скота в горах. Скот превратил горы в пустыни. Газоны и полезные травы на склонах гор уничтожены. Листья, сохраняющие влагу, вообще не остаются. В результате чрезмерного нагревания в зимние и весенние месяцы камни на голых равнинах не способны удерживать снег и дождь. В результате снег быстро тает, вызывая наводнения и оползни.

5. Комплексы по выращиванию и племенному животноводству должны быть восстановлены. Эти животноводческие комплексы обеспечивают посевные поля органическими удобрениями.

6. Необходимо увеличить виды культур, используемых на корм скоту. У нас был такой вид культуры (люцерна). Всем известно, что люцерна обладает способностью повышать содержание азота в почве. Кроме того, люцерновое поле не покинули люцерновые пауки (кандалы) и паутиновые клещи. В результате 5-6-кратной обрезки люцерны в год численность этих вредных

насекомых не увеличивалась. Сейчас эти насекомые уничтожают деревья и другие посевы в фермерских и подсобных хозяйствах людей.

7. На полях необходимо увеличить виды культур, зерно которых является пищей для людей, а стебли - пищей для скота.

### **Заключение**

Если вышеуказанные меры не будут реализованы немедленно, то мы можем столкнуться с необратимыми последствиями. Мы не осознаем, что вызываем глобальное потепление.

### **Литература**

1. [Kun.uz/news/2022](http://kun.uz/news/2022).
2. [Snevs.ru/book/](http://snevs.ru/book/)
3. Шавкат Мирзиёев. Материалы совещания видеоселектора, прошедшего под руководством Президента. 16 сентября 2020 г.

### **Автор:**

к.т.н., доцент **Эшкароев У.Ч.**

Денауский институт предпринимательства и педагогики (ДТПИ)

190507, Сурхандарьинский область, Денауский район, улица Садовая, 102

Tel: 95 650 77 57, Faks: 76 41 39 027

E mail: [info\\_dtpi@infoedu.uz](mailto:info_dtpi@infoedu.uz), [dtpi@exat.uz](mailto:dtpi@exat.uz)



## СЕКЦИЯ 5. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

### СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-РЕСУРСНОГО ЦЕНТРА

*А.М. Холбеков*

Денауский институт предпринимательства и педагогики, Денау, Узбекистан

В данной статье рассматривается создание электронной базы данных и внедрение автоматизированной системы управления использованием информационно-ресурсного центра в высшем учебном заведении. Осуществляется обеспечение быстрого и качественного обслуживания при использовании библиотеки студентами и преподавателями. Программное обеспечение преобразует бумажные носители в электронные версии, что позволяет сэкономить время. В то же время устанавливается контроль за книгами в информационно-ресурсном центре.

**Ключевые слова:** Информационно-ресурсный центр, электронная база данных, программное обеспечение, управление базами данных.

### CREATION OF AN ELECTRONIC DATABASE OF THE INFORMATION AND RESOURCE CENTER

*A.M. Kholbekov*

Denau Institute of Entrepreneurship and Pedagogy, Denau, Uzbekistan

The article discusses the creation of an electronic database and the implementation of an automated system for managing the use of the information resource center at a higher education institution. It aims to ensure fast and high-quality service for students and faculty when using the library. This software converts the paper version into an electronic one, saving time. At the same time, it establishes control over the books in the information resource center.

**Keywords:** Information resource center, electronic database, software, database management.

Электронная база данных является одним из важных информационных ресурсов для высших учебных заведений и может быть легко использована на этапах сбора данных, анализа данных, проектирования базы данных и проектирования системы управления. Можно контролировать эти процессы. В высших учебных заведениях имеется множество возможностей для формирования электронных баз данных и их автоматического управления. Это облегчает процесс обучения для преподавателей и студентов и обеспечивает автоматическое управление базами данных для администраторов учреждений.

Электронная база данных служит справочным материалом для студентов и преподавателей высших учебных заведений. Такая база данных включает информацию о цифровых библиотеках, журналах, учебных программах, студентах, преподавателях, предметах и многих других темах.

**Программирование** — это научно-практическая область, связанная с созданием и исполнением компьютерных программ. Оно включает в себя

обучение созданию, запуску и управлению компьютерными программами с использованием языка или языков программирования (таких как Python, Java, C++, JavaScript, Ruby). Концепции, необходимые в программировании:

**Программирование:** Программирование — это процесс создания программ. При разработке программы определяются её назначение и характеристики.

**Разработка алгоритма:** Разработка алгоритма предполагает детальное понимание процесса, необходимого для решения задачи или проблемы.

**Кодирование:** Кодирование состоит из написания программы, созданной в результате программирования, и реализации алгоритмов на языках программирования. Ошибки времени сборки выявляются и исправляются в процессе тестирования.

**Управление программами:** Управление программами включает подходы к управлению программами после их запуска, управление правами и исправление ошибок.

**Основная цель программирования** — создание программ для решения важных задач, таких как удобство использования, безопасность, простота эксплуатации и т. д. Для создания электронной базы данных программы ВУЗа «Информационно-ресурсный центр» рассмотрим алгоритм процесса присвоения уникального идентификационного номера каждому пользователю в программе. Для этого заходим в окно пользовательского ввода. Через это окно вы сможете добавить нового пользователя в базу данных.

В качестве примера покажем, как добавить учителей в базу данных. Для этого нажмите на кнопку «Учителя» в программе. В результате окно добавления пользователей будет выглядеть следующим образом.



Рис. 1. Окно добавления преподавателей в базу данных

Алгоритм работы программы представлен следующим образом:

```
void __fastcall TForm6::DBEdit1Exit(TObject *Sender)
{
if((DBEdit1->SelStart==12))
```

```

{   String ab=DBEdit1->Text;
    DataModule3->ADOTable1->Filtered=false;
    DataModule3->ADOTable1->Filter=
    “Идентификационный номер =”+ab+“” ;
    DataModule3->ADOTable1->Filtered=true;
    if(DataModule3->ADOTable1->RecordCount==2)
        {
            DBEdit1->SetFocus();
            ShowMessage(“Этот идентификационный номер занят. Введите
другой идентификатор.”);
        }
    else
        {
            DataModule3->ADOTable1->Filtered=false;
            DataModule3->ADOTable1->Filter=“Id_raqam=”+ab+“”;
            DataModule3->ADOTable1->Filtered=true;
            DataModule3->ADOTable1->Last();
        }
    }
else
{
    DBEdit1->SetFocus();
    ShowMessage(“Этот идентификационный номер неполный. Доведите
его до двенадцати символов”);
}
}

```

Первый ряд void \_\_fastcall TForm6::DBEdit1Exit(TObject \*Sender) этот код есть в программе DBEdit1 То есть момент выхода идентификатора из числового поля гарантирует работоспособность кодов. Это происходит при заполнении поля и переходе на другое поле. if((DBEdit1->SelStart= =12)) и в этой строке DBEdit1 проверяется, составляет ли количество введённых в поле значений идентификационного номера ровно двенадцать символов или нет. Если вы введёте в поле двенадцатизначный идентификационный номер, то он введёт код, если условие верно, то есть после знака { коды начнут работать. Если условие ложное, то есть если символов меньше двенадцати, выполняется код после оператора else.

```

else
{   DBEdit1->SetFocus();
    ShowMessage ( “Этот идентификационный номер неполный. Доведите его до
двенадцати символов” ).
}

```

Если говорить о кодах, находящихся здесь.

```

DBEdit1->SetFocus();

```

С помощью этого кода наш курсор снова переместится в поле идентификационного номера, и нам будет сообщено: «Этот идентификационный номер неполный, пожалуйста, расширьте его до двенадцати символов». На экране появится окно с сообщением.

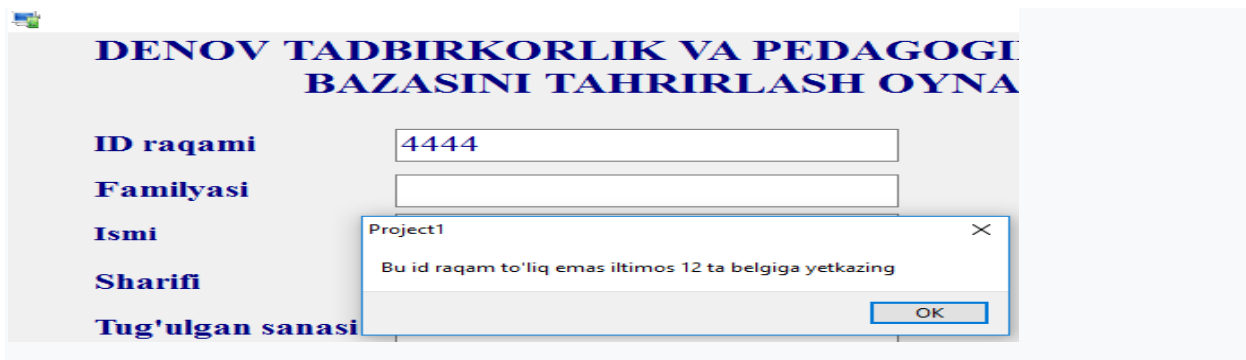


Рис. 2. Окно ввода идентификационного номера

Итак, при вводе идентификационного номера необходимо обратить внимание еще на одну вещь. Идентификатор должен содержать не менее 12 символов. Если он состоит из меньшего числа символов, мы не сможем ввести другую информацию. Если условие станет истинным, то есть если мы введем двенадцатизначный идентификационный номер, условие будет выполнено, и коды в следующей строке начнут работать. `String ab = DBEdit1->Text;` — в этой строке с именем `ab` мы создали переменную и присвоили ей информацию, которую мы ввели для идентификационного номера. Затем был произведен поиск по кодам в строке.

`DataModule3->ADOTable1->Filtered=false;` Этот код отменяет все поисковые запросы в базе данных. Таким образом, если я ранее выполнил определенный поиск, в базе данных останется информация определенного типа. Это предотвращает попадание всей пользовательской информации в приложение и может привести к сбоям в его работе. `DataModule3->ADOTable1->Filter="Id_raqam="+ab+"";` и в этом коде он ищет в базе данных введенный нами идентификационный номер.

`DataModule3->ADOTable1->Filtered=true;` Процесс поиска начинается именно с этой строки. Если идентификатор, введенный в базу данных, уже использовался, этот пользователь будет найден. `if(DataModule3->ADOTable1->RecordCount==2)` Этот код подсчитывает количество пользователей, оставшихся в результате поиска. Если полученное количество пользователей равно двум, условие будет истинным, и код начнет выполняться после проверки условия.

`DBEdit1->SetFocus();` — в результате этого кода курсор становится активным в поле ввода идентификационного номера. Тогда код в строке отображает для нас окно сообщения: `ShowMessage("Этот идентификационный номер занят, введите другой идентификатор")`. Идентификационный номер является уникальным ключом, который принадлежит только одному человеку. То есть двум пользователям нельзя присваивать один и тот же ключ, как номер телефона или серийный номер паспорта.

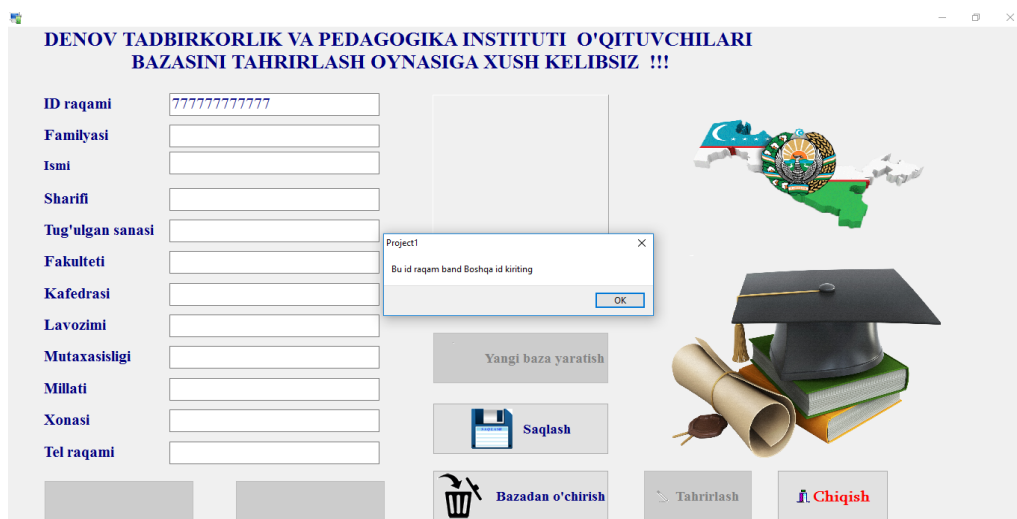


Рис. 3. Идентификационный номер

Если мы введем ранее использованный идентификационный номер, программа сообщит нам, что владелец этого номера существует, и предложит ввести другой идентификатор. Если количество пользователей не равно двум, то считается, что пользователь один, и мы выполнили все условия, необходимые для ввода ID-номера в программу. Это позволит заполнить другие поля в программе.

## Литература

1. Bob Swart, Mark Cashman, Paul Gustavson, and Jarrod Hollingworth. Borland C++ Builder 6 Developer's Guide. 201 West 103rd Street, Indianapolis, Indiana 46290.
2. Kent Reisdorph. Sams Teach Yourself Borland C++ Builder in 21 Days.
3. Herbert Schildt. Borland C++ Builder: The Complete Reference
4. Д.Маслова .Введение в языку Си. М. 1991 г.
5. Б.Керниган. Д. Ритчи. Язык программирования Си. М. Финансы и статистика 1992 г.
6. А.Нейбауэр. Моя первая программа на Си/Си++. Петербург. 1995 г.

## Автор:

Преподаватель **Холбеков А.М.**

Денауский институт предпринимательства и педагогики (ДТПИ)

190507, Сурхандарьинский область, Денауский район, улица Садовая, 102

E mail: [abdusattorxolbekov@gmail.com](mailto:abdusattorxolbekov@gmail.com)

# ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОДНОГО КЛАССА ОБОБЩЁННОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА С СИНГУЛЯРНЫМИ ТОЧКАМИ

*С.Б. Зарипов*

Таджикский Технический Университет им. акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В этой работе изучено интегральное уравнение, обобщающее интегральное уравнение типа Вольтерра с двумя граничными сингулярными точками. В модельном случае в зависимости от корней соответствующего характеристического уравнения найдено общее решение.

**Ключевые слова:** сингулярными точками, характеристического уравнения, модельном случае, интегральное уравнение.

## INTEGRAL REPRESENTATIONS FOR ONE CLASS OF GENERALIZED VOLTERRA INTEGRAL EQUATION WITH SINGULAR POINTS

*S.B. Zaripov*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan

In this work, we studied an integral equation that generalizes an integral equation of Volterra type with two boundary singular points. In the model case, depending on the roots of the corresponding characteristic equation, a general solution is found.

**Keywords:** singular points – characteristic equation - model case - integral equation.

Через  $\Gamma$  обозначим множество точек  $\Gamma = \{x; a < x < b\}$  на вещественной оси. На  $\Gamma$  рассмотрим интегральное уравнение:

$$\varphi(x) + \int_a^x \left\{ k_1(x,t) + k_2(x,t) \ln \left[ \left( \frac{x-a}{b-x} \right) \left( \frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t) dt}{(t-a)(b-t)} = f(x) \quad (1)$$

где  $k_1(x,t)$ ,  $k_2(x,t)$ ,  $f(x)$  - заданные непрерывные функции точек области  $\bar{R} = \{(x,t); a \leq x \leq b, a \leq t \leq b\}$  и  $\bar{\Gamma}$ , причём  $k_1(a,a) \neq 0$ ,  $k_2(a,a) \neq 0$ . Решение интегрального уравнения (1) будем искать в классе функций  $\varphi(x) \in C(\bar{\Gamma})$ ,  $\varphi(a) = 0$  с асимптотическим поведением:

$$\varphi(x) = o[(x-a)^\varepsilon], \quad \varepsilon > 0 \text{ при } x \rightarrow a.$$

Проблеме исследования интегральных уравнений Вольтерра с одной левой, с одной правой или с одной внутренней сингулярной или супер-сингулярной точкой посвящена работа [1]. Теория интегрального уравнения (4.1) при  $k_2(x,t) = 0$ ,  $k_1(x,t) = A(t)$  и  $k_2(x,t) = 0$ ,  $k_1(x,t) \neq A(t)$  построена в [1-4]. Модельное интегральное уравнение типа (1) с левой граничной сингулярной точкой, то есть интегральное уравнение:

$$\varphi(x) + \int_a^x \left[ p + q \ln \left( \frac{x-a}{b-x} \right) \right] \frac{\varphi(t)}{t-a} dt = f(x),$$

исследовано в [2].

Исследование интегрального уравнения (1) в модельном случае, когда корни соответствующего характеристического уравнения:

$$\lambda^2(b-a) + k_1(a,a)\lambda + k_2(a,a) = 0 \quad (2)$$

вещественные и разные, вещественные и равные, проведено в [1]. Интегральное уравнение (1) представим в следующем виде:

$$\varphi(x) + \int_a^x \left\{ k_1(a,a) + k_2(a,a) \ln \left[ \left( \frac{x-a}{b-x} \right) \left( \frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t)dt}{(t-a)(b-t)} = f_1(x), \quad (3)$$

где,

$$f_1(x) = f(x) - \int_a^x \left\{ (k_1(x,t) - k_1(a,a)) + (k_2(x,t) - k_2(a,a)) \ln \left[ \left( \frac{x-a}{b-x} \right) \left( \frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t)dt}{(t-a)(b-t)} \quad (4)$$

Интегральное уравнение (3) назовём характеристическим уравнением, соответствующем общему уравнению (1).

Таким образом, задача об исследовании общего уравнения (1) сводится к исследованию следующего модельного уравнения:

$$\varphi(x) + \int_a^x \left\{ p + q \ln \left[ \left( \frac{x-a}{b-x} \right) \left( \frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t)dt}{(t-a)(b-t)} = f(x), \quad (5)$$

где  $p, q$  – заданные постоянные.

Сначала находим решение уравнения (5), представляемое в виде обобщённого степенного ряда. Имеет место следующее утверждение.

**Теорема 1.** Пусть в интегральном уравнении (5) функция  $f(x)$  представима в виде равномерно - сходящего степенного ряда:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \left( \frac{x-a}{b-x} \right)^{k+\gamma} \quad x \in [a, b], \quad \gamma = \text{const} > 0$$

$$\text{и } (k+\gamma)^2(b-a) + p(k+\gamma) + q \neq 0 \quad \text{для всех } k = 1, 2, \dots, \dots$$

Корни алгебраического уравнения  $\lambda^2(b-a) + p\lambda + q = 0$  вещественные, разные и положительные, то есть  $p < 0, q > 0, D = p^2 + 4(b-a)q > 0$ . Тогда однородное интегральное уравнение (5), в классе функций  $\varphi(x) \in C[a, b]$  обращающееся в нуль в точке  $x = a$  неограниченное в точке  $x = b$ , имеет два линейно-независимых решения, которое даётся формулой:

$$\varphi_1(x) = \left( \frac{x-a}{b-x} \right)^{\lambda_1}, \quad \varphi_2(x) = \left( \frac{x-a}{b-x} \right)^{\lambda_2},$$

$$\text{где } \lambda_1 = \frac{|p| + \sqrt{D}}{2(b-a)}, \quad \lambda_2 = \frac{|p| - \sqrt{D}}{2(b-a)}.$$

Неоднородное интегральное уравнение (5) в классе функций  $\varphi(x) \in C[a, b]$  обращающееся в нуль в точке  $x = a$  и неограниченное в точке  $x = b$ , всегда разрешимо и его решение даётся формулой:

$$\varphi(x) = \varphi_1(x)c_1 + \varphi_2(x)c_2 + K(f),$$

где  $c_1, c_2$  – произвольные постоянные,

$$K(f) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(k+\gamma)^2(b-a)f_k}{(k+\gamma)^2(b-a) + p(k+\gamma) + q} \left( \frac{x-a}{b-x} \right)^{k+\gamma}.$$

В случае, когда корни характеристического уравнения (2) вещественные и равные  $(K_1(a, a) < 0, (K_1(a, a))^2 = 4(b-a)K_2(a, a))$ , имеет место следующее утверждение (если  $f_1(x)$  – считать известной функцией).

**Теорема 2.** Пусть в интегральном уравнении (3)  $K_1(a, a) < 0, (K_1(a, a))^2 = 4(b-a)K_2(a, a), f_1(x) \in C(\bar{\Gamma}), f_1(a) = 0$  с асимптотическим поведением:

$$f_1(x) = O\left[(x-a)^{\delta_1}\right], \quad \delta_1 > \frac{|k_1(a, a)|}{2(b-a)} \quad \text{при } x \rightarrow a. \quad (6)$$

Тогда интегральное уравнение (3) в классе функции  $\varphi(x) \in C[a, b]$  обращающееся в нуль в точке  $x=a$  и неограниченное в точке  $x=b$ , всегда разрешимо и его решение даётся формулой

$$\begin{aligned} \varphi(x) = & \left(\frac{x-a}{b-x}\right)^{\frac{|K(a,a)|}{2(b-a)}} \left[ c_1 + \ln\left(\frac{x-a}{b-x}\right) c_2 \right] + f_1(x) - \int_a^x \left[ \left(\frac{x-a}{b-x}\right) \left(\frac{b-t}{t-a}\right) \right]^{\frac{|K(a,a)|}{2(b-a)}} \\ & \cdot [k_1(a, a) - k_2(a, a)] \ln \left[ \left(\frac{x-a}{b-x}\right) \left(\frac{b-t}{t-a}\right) \right] \frac{f_1(t) dt}{(t-a)(b-t)}. \end{aligned} \quad (7)$$

где  $f_1(x)$  – известные интегральное оператор.

## Литература

1. Rajabov N. Volterra type integral equation with boundary and interior fixed singularity points. - LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2011, 282 p.
2. Раджабов Н., Зарипов С. Двухмерные симметричные интегральные уравнения типа вольтерра с сингулярными и сверхсингулярными линиями // LAP LAMBERT Academic Publishing, GERMANY, 2019г.-112с.
3. Rajabov N., Saidov S. About New Class of Volterra Type Integral Equation with Two Boundary Singularity in Kernels. - Proceedings of the 2014 International conference on Pure Mathematics- Applied Mathematic (PM-AM'(4)), Venice, Italy, March 15-17, 2014, pp. 214-217.
4. Раджабов Н. Интегральные уравнения типов Вольтерра с фиксированными граничными и внутренними сингулярными и сверхсингулярными ядрами и их приложения. – Душанбе, 2007, 221 с.

## Автор:

Кандидат технических наук **Зарипов С.Б.**

ТТУ имени акад. М.С. Осими

734025, г. Душанбе, пр.академиков Раджабовых 10а

Телефон: 777-16-22-16.

E-mail: [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru)



# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЫХ ВОЛН С ОСОБЕННОСТЯМИ

*М. Гадозода, О.К. Кодиров*

Таджикский Технический Университет им. акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В данной работе разрабатывается аналитический метод решения дифференциального уравнения с переменными коэффициентами, который описывает процесс тепловых волн с особенностями. Создается математическая модель исследования этого процесса.

**Ключевые слова:** модельное уравнение, дифференциальные операторы, переопределенная система, уравнение согласования, тепловые волны, начальные условия.

## MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF HEAT WAVES WITH FEATURES

*M. Gadozoda, O.K. Kodirov*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

In this work, an analytical method of solving a differential equation with variable coefficients is developed, which describes the process of heat waves with features. A mathematical model of the study of this process is created.

**Keywords:** model equation, differential operators, a redundant system, coordination equation, heat waves, initial conditions.

### Исследование процесса тепловых волн с особенностями

Данная исследовательская работа посвящена процессу тепловых волн с особенностями, которые описываются дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка с переменными коэффициентами вида:

$$\left( t^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + t \frac{\partial u}{\partial t} + u \right)^n = \sum_{j=1}^m \left( x_j^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} + x_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + u \right)^n, \quad (1)$$

где  $m, n$  ( $m, n \geq 2$ ) – заданные натуральные числа,  $t \geq t_0 > 0$   
 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^m$ ,  $u(t, x_1, x_2, \dots, x_m)$  – искомая функция, характеризующая состояния и происхождения этого процесса.

В работах профессора М. Юнуси [1] доказано, что модельное уравнение с экстремальными свойствами вида:

$$Lu = \max_{\alpha \in A} \left\{ \sum_{j=1}^m \alpha_j (L_j u)^S \right\}^{\frac{1}{S}},$$

где  $A = \left\{ \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m) : 0 < \alpha_j < 1, \sum_{j=1}^m \alpha_j^{\frac{n}{n-s}} = 1 \right\}, \quad n > s > 0$  -

заданные натуральные числа, эквивалентно операторному уравнению [2]:

$$(Lu)^n = \sum_{j=1}^m (L_j u)^n. \quad (2)$$

Следствием этого уравнения, при дифференциальных операторах [4]:

$$L = t^2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} + t \frac{\partial}{\partial t} + 1 \quad \text{и} \quad L = x_j^2 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} + x_j \frac{\partial}{\partial x_j} + 1,$$

является модельное дифференциальное уравнение (1) и определяет процесс тепловых волн с особенностями.

При решении задачи Коши для рассматриваемого уравнения (1) задаём начальные условия вида [3]:

$$\frac{\partial^{i-1} u}{\partial t^{i-1}}(t_0, x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = u_{0i} \quad (i = 1, 2, 3), \quad (3)$$

и составим переопределенную систему дифференциальных уравнений [3]:

$$\begin{cases} t^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + t \frac{\partial u}{\partial t} + u = C, \\ x_j^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} + x_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + u = C_j, \quad (j = \overline{1, m}), \end{cases} \quad (4)$$

которое определяет класс простых решений уравнения (1). Здесь  $C$  и

$C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) - произвольные действительные числа, являющиеся решением уравнения согласования [1]:

$$\sum_{j=1}^m C_j^n = C^n. \quad (5)$$

Напишем общее решение системы (3), которое является общим решением уравнения (1) в простом классе:

$$u(t; x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = \left\{ u_{01} \cos(\ln t) + (u_{02} - 4C) \sin(\ln t) + \frac{2C}{5} t^2 \sin(\ln t^2) \right\} \prod_{j=1}^m \left\{ \cos(\ln x_j) + \sin(\ln x_j) + \frac{2C}{5} x_j^2 \sin(\ln x_j^2) \right\} \quad (6)$$

Имеет место следующая теорема:

**Теорема.** Пусть  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) являются решением уравнения согласования (5). Тогда решения уравнения (1), удовлетворяющие начальным условиям (3), в простом классе представляются в виде (6).

### **Заключение**

Изложенный математический метод моделирования и аналитический метод решение дифференциального уравнения позволяет исследовать различные волновые процессы природы, и легко получить хорошие результаты.

### **Литература**

1. Юнуси М. Об одном классе модельных уравнений с экстремальными свойствами. / М. Юнуси. Душанбе, Вестник национального университета, серия естественных наук, № 1, 2004, с.128-135
2. Кодиров О.К.. Исследование волнового процесса физических явлений в экстремальных режимах. [Текст] / О.К. Кодиров, Л. Туйчиев // Материалы Международная научно - практическая конференция «Перспектива развития науки и образования» (ТТУ им. М.С. Осими, Душанбе, 27-28 ноября 2019 г.). Душанбе, 2019, стр. 306-309.
3. Кодиров О.К. Об одном классе дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка. [Текст] / М. Гадозода, О.К. Кодиров // Вестник Национального Университета (серия естественных наук). №,1 (46) Душанбе - 2009г., стр.49-53.
4. Кодиров О.К. Исследование процессов малых поперечных и продольных колебаний струны и тепловых волн с особенностями, которые описываются дифференциальными уравнениями в частных производных второго порядка в экстремальных режимах / О.К. Кодиров, М. Гадозода, М.К. Юнуси. Душанбе, Вестник национального университета (серия естественных наук). №,2, 2020, с.110-124

### **Авторы:**

**К.ф.-м.н., доцент Гадозода М.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10

Телефон: (+992) 907 76 71 75

E-mail: [gadozoda51@mail.ru](mailto:gadozoda51@mail.ru)

**К.ф.-м.н., ст. преп. Кодиров О.К.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10

Телефон: (+992) 93 410 57 66

E-mail: [o.kodirov.1969@mail.ru](mailto:o.kodirov.1969@mail.ru)

# СИНГУЛЯРНАЯ ГРАНИЧНАЯ ЗАДАЧА НЕ ГОЛОМОРФНОЙ СТРУКТУРЫ И НЕ ЦЕЛОГО ПОРЯДКА

*А.Т. Кабиров*

Таджикский государственный финансово-экономический университет, Душанбе,  
Таджикистан

В статье изучается сингулярная граничная задача не целого порядка и не голоморфной структуры. Автор нашел точные значения  $l$  — числа решений однородной задачи и  $p$  — числа условия разрешимости неоднородных задач с нулями и полюсами на границе, и показал, что число решений задачи в классе функций, ограниченных на контуре, не изменяется от наличия нулей у коэффициентов задачи и уменьшается на суммарный порядок всех полюсов.

**Ключевые слова:** граничная задача, сингулярное условие, голоморфная структура, линейный аналитический оператор, независимое линейное решение, условие разрешимости, нули, полюсы, ограниченная функция, непрерывный коэффициент, разрыв первого рода, принцип сжатых отображений.

## SINGULAR BOUNDARY VALUE PROBLEM OF NON-HOLOMORPHOUS STRUCTURE AND NOT OF WHOLE ORDER

*A.T. Kabirov*

Tajik State University of Finance and Economics, Dushanbe, Tajikistan

The article studies a singular boundary value problem of non-integer order and non-holomorphic structure. The author found exact values of  $l$  — the number of solutions of the homogeneous problem and  $p$  — the number of the solvability condition for non-homogeneous problems with zeros and poles on the boundary, and showed that the number of solutions of the problem in the class of functions bounded on the contour does not change from the presence of zeros in the coefficients of the problem and decreases by the total order of all poles.

**Keywords:** *boundary value problem, singular condition, holomorphic structure, linear analytic operator, independent linear solution, solvability condition, zeros, poles, bounded function, continuous coefficient, discontinuity of the first kind, principle of contracted mappings.*

Рассмотрим задачу:

$$\varphi^+(t) = a(t)\varphi^-(t) + b(t)\overline{\varphi^-(t)} + c(t)$$

с сингулярностью не целого порядка и не голоморфной структуры.

Пусть в задаче (A)  $|a(t)| > |b(t)|$ :

$$\varphi^+(t) = \frac{\prod_{r=1}^J |t - \tau_r|^{d_r}}{\prod_{n=1}^N |t - \xi_n|^{s_n}} a_1(t)\varphi^-(t) + \frac{\prod_{r=1}^J |t - \tau_r|^{d_r}}{\prod_{n=1}^N |t - \xi_n|^{s_n}} b_1(t)\overline{\varphi^-(t)} + c(t). \quad (1)$$

Здесь  $a_1(t), b_1(t), c(t) \in H(\Gamma)$ , дифференцируема достаточное число раз в окрестностях точек  $\tau_r, \xi_n, a_1(t) \neq 0, b_1(t) \neq 0$ .

Введем обозначения:

$\sum_{r=1}^J d_r = \sum_{r=1}^J (q_r^{(1)} - \zeta_r^{(1)})$ ,  $\sum_{n=1}^N s_n = \sum_{n=1}^N (q_n^{(2)} - \zeta_n^{(2)})$ , где  $\sum_{r=1}^J q_r^{(1)}, \sum_{n=1}^N q_n^{(2)}$  – целые числа,  $\sum_{r=1}^J \zeta_r^{(1)}, \sum_{n=1}^N \zeta_n^{(2)}$  – их дробная часть, т.е.  $0 < \text{Re } \zeta_r^{(1)} < 1, 0 < \text{Re } \zeta_n^{(2)} < 1$ .

$$\sum_{r=1}^J d_r = d, \sum_{n=1}^N s_n = s.$$

Так, как:

$$\begin{aligned} \prod_{r=1}^J |t - \tau_r|^{d_r} &= \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{d_r} \exp\left(-i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right), \\ \prod_{n=1}^N |t - \xi_n|^{s_n} &= \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{s_n} \exp\left(-i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} s_n\right), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $Q_r^{(1)} = \arg(t - \tau_r)$ ,  $Q_n^{(2)} = \arg(t - \xi_n)$ .

Равенство (2), приведем к виду:

$$\begin{aligned} \varphi^+(t) &= \frac{\prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}}}{\prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{q_n^{(2)}}} \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) \cdot \\ &\cdot a_1(t) \varphi^-(t) + \frac{\prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}}}{\prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{q_n^{(2)}}} \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) \cdot \\ &\cdot q(t) + c(t). \end{aligned} \quad (3)$$

Полагая в (3),

$$\begin{aligned} \varphi^-(z) &= \prod_{n=1}^N (z - \xi_n)^{q_n^{(2)}} \cdot z^{-q_n^{(2)}} \cdot \Phi^-(z); \\ \overline{\varphi^-(z)} &= \overline{\prod_{n=1}^N (z - \xi_n)^{q_n^{(2)}} \cdot z^{-q_n^{(2)}} \cdot \Phi^-(z)} = \\ &= \prod_{n=1}^N (z - \xi_n)^{q_n^{(2)}} \cdot z^{-\overline{q_n^{(2)}}} \cdot \exp\left(-2i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} q_n^{(2)} \overline{\Phi^-(z)}\right). \end{aligned} \quad (4)$$

Составим интерполяционный многочлен  $T(t)$ , удовлетворяющий условиям:

$$c^{(\eta)}(\tau_r) = T^{(\eta)}(\tau_r); \quad (\eta = 0, 1, \dots, q_r^{(1)} - 1; r = 1, 2, \dots, J). \quad (5)$$

Используя равенства (5), (4), приведём равенство (3), к виду:

$$\begin{aligned} \varphi^+(t) - \Gamma(t) &= \frac{\prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}}}{\prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{q_n^{(2)}}} \cdot \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \cdot \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \\ &\cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^2 s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) a_1(t) \varphi^-(t) + \frac{\prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}}}{\prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{q_n^{(2)}}} \cdot \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \cdot \\ &\cdot \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) b_1(t) + c(t) - \Gamma(t) \end{aligned}$$

ИЛИ

$$\begin{aligned} \Phi^+(t) &= \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}} \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^2 s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) \cdot \\ &\cdot a_1(t) \varphi^-(t) + \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}} \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) \cdot \\ &\cdot b_1(t) + c_1(t), \text{ где } \Phi^+(t) = \frac{\varphi^+(t) - \Gamma(t)}{\prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}}}, \end{aligned}$$

ИЛИ

$$\varphi^+(t) = G_1(t) \Phi^-(t) + G_2(t) \overline{\Phi^-(t)} + c_1(t), \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{где } G_1(t) &= \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}} \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^{(2)} s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) \cdot a_1(t); \\ G_2(t) &= \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{q_r^{(1)}} \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp\left(i \sum_{n=1}^N Q_n^2 s_n - i \sum_{r=1}^J Q_r^{(1)} d_r\right) \cdot b_1(t). \end{aligned}$$

Так, как в точках  $t = \tau_r, t = \xi_n$  функции  $G_1(t), G_2(t)$  имеют разрыв первого рода, поэтому решение данной задачи будем искать в классе функций, интегрируемых на контуре. Сведем задачу (6) к задаче с непрерывными коэффициентами. Для этой цели построим специальные функции, которые в точках  $t = \tau_r, t = \xi_n$  имеют разрыв первого рода (см. [1], стр. 431).

Затем, вводя с их помощью новые неизвестные функции, задачу (6) приведём к задаче уже с непрерывными коэффициентами.

Введем новые функции, подстановкой:

$$\begin{aligned} \Phi^+(z) &= \prod_{r=1}^J (z - \tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (z - \xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \Phi_1^+(z); \\ \Phi^-(z) &= \prod_{r=1}^J \left( \frac{z - \tau_r}{z - z_0} \right)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N \left( \frac{z - \xi_n}{z - z_0} \right)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \Phi_1^-(z); \end{aligned}$$

$$\overline{\Phi^-(z)} = \prod_{r=1}^J \left( \frac{z - \tau_r}{z - z_0} \right)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N \left( \frac{z - \xi_n}{z - z_0} \right)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \Phi_1^-(z) = \prod_{r=1}^J \left( \frac{z - \tau_r}{z - z_0} \right)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N \left( \frac{z - \xi_n}{z - z_0} \right)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp \left( -2i \sum_{r=1}^J \theta_r^{(1)} d_r + 2i\theta \sum_{r=1}^J d_r - 2i \sum_{n=1}^N \theta_n^{(2)} s_n + 2i\theta \sum_{n=1}^N s_n \right) \overline{\Phi_1^-(z)},$$

где  $\theta = \arg(z - z_0)$ .

Придём к задаче с непрерывными коэффициентами

$$\begin{aligned} \Phi_1^+(t) &= \prod_{r=1}^J (t - z_0)^{-\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - z_0)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp \left( -2i \sum_{r=1}^J \theta_r^{(1)} d_r + 2i\theta \sum_{r=1}^J d_r - 2i \sum_{n=1}^N \theta_n^{(2)} s_n + 2i\theta \sum_{n=1}^N s_n \right) \cdot G_1(t) \cdot \Phi_1^-(t) + \\ &+ \prod_{r=1}^J (t - z_0)^{-\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - z_0)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \\ &\cdot \exp \left( -2i \sum_{r=1}^J \theta_r^{(1)} d_r + 2i\theta \sum_{r=1}^J d_r - 2i \sum_{n=1}^N \theta_n^{(2)} s_n + 2i\theta \sum_{n=1}^N s_n \right) \cdot G_2(t) \cdot \overline{\Phi_1^-(t)} + \\ &+ \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{-\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{\zeta_n^{(2)}} \cdot g_1(t) \end{aligned}$$

или 
$$\Phi_1^+(t) = G_1^*(t) \cdot \Phi_1^-(t) + G_2^*(t) \overline{\Phi_1^-(t)} + g_2(t), \quad (7)$$

где 
$$\begin{aligned} G_1^*(t) &= \prod_{r=1}^J (t - z_0)^{-\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - z_0)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp \left( -2i \sum_{r=1}^J \theta_r^{(1)} d_r + 2i\theta \sum_{r=1}^J d_r - 2i \sum_{n=1}^N \theta_n^{(2)} s_n + 2i\theta \sum_{n=1}^N s_n \right) \cdot G_1(t); \\ G_2^*(t) &= \prod_{r=1}^J (t - z_0)^{-\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - z_0)^{-\zeta_n^{(2)}} \cdot \exp \left( -2i \sum_{r=1}^J \theta_r^{(1)} d_r + 2i\theta \sum_{r=1}^J d_r - 2i \sum_{n=1}^N \theta_n^{(2)} s_n + 2i\theta \sum_{n=1}^N s_n \right) \cdot G_2(t); \\ g_2(t) &= \prod_{r=1}^J (t - \tau_r)^{-\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^N (t - \xi_n)^{\zeta_n^{(2)}} \cdot g_1(t). \end{aligned}$$

Так как  $G_1^*(t) \in H(\Gamma)$ , то её можно представить в виде  $G_1^*(t) = \frac{\chi^+(t)}{\chi^-(t)}$ .

Подставляя её в (7), можем записать:

$$\psi^+(t) - \psi^-(t) = \frac{\overline{\chi^-}}{\chi^-} \cdot \frac{G_2^*(t)}{G_2^*(t)} \cdot \overline{\psi^-(t)} + \frac{g_2(t)}{\chi^+(t)}, \quad (8)$$

где 
$$\psi^+(z) = \frac{\Phi_1^+(z)}{\chi^+(z)}, \quad \psi^-(z) = \frac{\Phi_1^-(z)}{\chi^-(z)}.$$

Решение задачи (8) ищется в классе функций, имеющих на бесконечности полюс порядка  $\varkappa + q$   $\left( q = \sum_{n=1}^N q_n^{(2)} \right)$ .

$$\text{Поэтому положим: } \psi^{\pm}(z) = \Phi(z) + P_{\varkappa+q}(z), \quad (9)$$

где  $\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{f(\tau)}{\tau - z} d\tau$  и  $P_{\varkappa+q}(z)$  – полином степени  $\varkappa + q$ .

Подставляя (9) в (7), имеем:

$$f(t) = \frac{G_2^*(t)}{G_2^*(t)} \cdot \frac{1}{2} \overline{(-f + sf)} \cdot \frac{\overline{\chi^-(t)}}{\chi^-(t)} + \frac{g_2}{\chi^+} + \frac{G_2^*}{G_1^*} \cdot \frac{\overline{\chi^-(t)}}{\chi^-(t)} \cdot P_{\varkappa+q}(t). \quad (10)$$

Поскольку  $\left| \frac{G_2^*(t)}{G_2^*(t)} \right| \cdot \frac{1+Sr}{2} < 1$  (отсюда  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{n-\lambda}$ ), тогда, используя

принцип сжатых отображений, уравнение (10) при каждом свободном члене будет иметь единственное решение.

Если  $P_{\varkappa+q}(z) \equiv 0$ , то из (10) находим частное решение  $f = f_0(t)$  как некоторый оператор над функцией  $g_2(t)$ . Подставляя это решение в (9), получим решение задачи (8), из (9) – решение задачи (1).

Для задачи (1), справедлива следующая теорема.

**Теорема.** Пусть выполнены условия теоремы. Тогда

1) при  $\varkappa - q \geq 0$ , однородная задача (1) имеет  $\varkappa - q + 1$  линейно независимых решений, а неоднородная задача безусловно разрешима;

2) при  $\varkappa - q < 0$ , однородная задача (1) имеет только нулевое решение, а для разрешимости неоднородной задачи, необходимо и достаточно выполнение  $q - \varkappa - 1$  условий. Условие разрешимости данной задачи записывается в виде:

$$\int_{\Gamma} t^{-s} R[c(t)] dt = 0, \quad s = 0, 1, 2, \dots, |\varkappa - q| - 1,$$

где  $R$  – линейный оператор.

Итак, найдены точные значения  $l$  — числа решений однородной задачи и  $p$  — числа условия разрешимости неоднородных задач с нулями и полюсами на границе. Отсюда следует, что число решений задачи в классе функций, ограниченных на контуре, не изменяется от наличия нулей у коэффициентов задачи и уменьшается на суммарный порядок всех полюсов.

## Литература

1. Гахов Ф. Д. Краевые задачи. //—М.: Наука. —1977. —С. 143.
2. Маркушевич А.И. Об одной граничной задаче аналитических функций //Учёные зап. Московского университета. Т.100. — 1946. С.20 — 30.



3. Михайлов Л. Г. Новый класс особых интегральных уравнений и его применения к дифференциальным уравнениям с сингулярными коэффициентами // Душанбе. Издательство Дониш. 1963. 183 с.

4. Усмонов Н. Сингулярные случаи общей граничной задачи линейного сопряжения // Тезисы III международной конференции по математическому моделированию. Якутск, 2001. – С.52 – 53.

5. Усмонов Н., Кабиров А.Т. Точные теоремы о разрешимости некоторых сингулярных краевых задач теории аналитических функций // -Д.: Издат «Нашри Камол», 160с., 2022 г.

6. Усмонов Н., Кабиров А.Т. Граничная задача линейного сопряжения с разрывными коэффициентами // Материалы республиканской научно-теоретической конференции Таджикского государственного финансово-экономического университета (г. Душанбе, 29.06.2018г.). – С.78 – 83.

7. Кабиров А.Т. Сингулярные случаи общей граничной задачи линейного сопряжения на полуплоскости с коэффициентами из более общих классов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2017. – №1/3. – С.78 – 83.

### **Автор:**

к.ф.-м.н., доцент **Кабиров А.Т.**

Таджикский государственный финансово-экономический университет,

734069, Таджикистан, Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10

Телефон: (+992) 777 061 905

E-mail: kabirov.a60@mail.ru

## **ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ СИСТЕМ ЛАНТАНИДЫ (Ln) – СВИНЕЦ СОСТАВОВ Ln<sub>5</sub>Pb<sub>4</sub>, Ln<sub>5</sub>Pb<sub>3</sub> И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

*А. Бадалов, С.А. Гадоев, Б.Ш. Рахмонов, С.К. Насриддинов*

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

*Ш.Ш. Самаров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

Полуэмпирическим методом определены и/или уточнены температура и энтальпия плавления интерметаллидов (ИМ) систем лантаниды – свинец составов Ln<sub>5</sub>Pb<sub>3</sub> и Ln<sub>5</sub>Pb<sub>4</sub>. Проведён системный анализ и установлено, что закономерности изменения свойств ИМ в зависимости от природы лантанидов имеет сложный характер с проявлением «тетрад-эффект»-а. Наблюдается отклонение от общей закономерности для ИМ европия и иттербия, обусловленное их электронным строением.

**Ключевые слова:** интерметаллид, лантаниды – свинец, температура и энтальпия плавления, закономерность изменения.

# THERMAL PROPERTIES OF INTERMETALLICS OF LANTHANIDE (Ln) – LEAD SYSTEMS OF COMPOSITIONS $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$ , $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$ AND REGULARITIES OF THEIR CHANGES

*A. Бадалов, С.А. Гадоев, Б.Ш. Рахмонов, С.К. Насриддинов*  
Tajik Technical University named after ak. M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

*Ш.Ш. Самаров*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

**Abstract:** The melting temperature and enthalpy of intermetallic compounds in lanthanide–lead systems with compositions  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  and  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  were determined and/or refined using a semi-empirical method. A systematic analysis revealed that the trends in IMC properties depending on the nature of lanthanides exhibit a complex behavior characterized by the "tetrad effect." Deviations from the general trend were observed for europium and ytterbium intermetallic compound, which are attributed to their electronic structure.

**Keywords:** intermetallic compound, lanthanide–lead, melting temperature and enthalpy, property variation trends.

## Введение

Свинец является лучшим защитным материалом от радиационного излучения и используется в различных формах в атомных электростанциях, рентгеновских кабинетах и в помещениях с источником радиации. Сплавы на основе свинца применяются широко в различных областях современной техники и технологии - для изготовления припоев, боеприпасов и резервуаров, с оловом и других металлов (баббиты) применяются для изготовления подшипников различного назначения, с сурьмой широко применяются в аккумуляторной промышленности и защиты кабелей. Сплав свинца с висмутом является перспективным теплоносителем для атомных реакторов нового поколения. Проводятся интенсивные исследования по получению термоэмиссионных преобразователей на основе сплавов свинца с добавками лантанидов, которые преобразовывают низкочастотную тепловую энергию в электрическую с высоким КПД [1-3]. К высокотемпературным термоэмиссионным преобразователям относятся бинарные интерметаллические (ИМ) соединения типа  $\text{La}_5\text{Pb}_3$ ,  $\text{Ce}_2\text{Pb}$ ,  $\text{Sm}_5\text{Pb}_3$  и сложные соединения фазы Цинтля типа  $\text{A}_{14}\text{MnSb}_{11}$ , где  $\text{A}=\text{Yb}$ ,  $\text{Eu}$  [3-7]. Микропроцессоры, применяемые в солнечных батареях, используют только высокочастотную область излучения, а низкочастотное тепло теряется бесполезно. Термоэмиссионные генераторы широко применяются в космических исследованиях, а также для утилизации отработанного тепла в автомобилях и в других технологических процессах [3-7].

Согласно сведениям, обобщённым в фундаментально справочнике [8] в системах Ln - Pb (где Ln – лантаниды) образуются интерметаллические (ИМ) соединения составов  $\text{LnPb}_3$ ,  $\text{LnPb}_2$ ,  $\text{Ln}_3\text{Pb}_4$ ,  $\text{LnPb}$ ,  $\text{Ln}_{11}\text{Pb}_{10}$ ,  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$ ,  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$ ,  $\text{Ln}_2\text{Pb}$  и  $\text{Ln}_3\text{Pb}$ . Сведений по температуре плавления этих ИМ являются неполными, а по термодинамическим характеристикам – энтальпий плавления

и образования ИМ являются единичными [7]. Установлено, что с ростом содержания свинца в ИМ температура плавления сплавов повышается в интервалах 1400 – 2000°C и наивысшую температуру плавления имеют ИМ состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$ .

В данной работе приведены результаты системного анализа важных прикладных характеристик – температура и энтальпия плавления наиболее тугоплавких ИМ систем  $\text{Ln} - \text{Pb}$  составов  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  и  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$ , которые относятся к высокотемпературным термоэмиссионным преобразователям. Системный анализ характеристик ИМ-ов проведён полуэмпирическим методом (расчёт 1). Расчёт произведён по корреляционному уравнению:

$$A_{\text{Pb}(x)\text{Ln}(y)} = A_{\text{Pb}(x)\text{La}(y)} + \alpha N_f + \beta S + \gamma' S_{(\text{Ce} - \text{Eu})} (\gamma'' L_{(\text{Tb} - \text{Yb})}) \quad (1)$$

где коэффициенты уравнения учитывают влияние: -  $\alpha - 4f$  – электронов,  $\beta$ - и  $\gamma$  – спин (S) – и орбитальных (L) – моментов движения атомов и ионов лантанидов на определяемую величину (A) – температура ( $T_{\text{пл.}}$ ) и энтальпия плавления ( $\Delta H_{\text{пл.}}$ ) ИМ. Коэффициенты  $\gamma$  относятся к:  $\gamma'$  - цериевой, а  $\gamma''$  – иттриевой подгрупп лантанидов.

Определение энтальпии плавления ИМ-ов состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  (Расчёт 2) осуществлено по формуле:

$$\Delta H_{\text{пл.}}^0, \text{Pb}_x\text{Ln}_y = T_{\text{пл.}}^{\text{ИМ}} (n\Delta H_{\text{пл.}}^{\text{Ln}} / T_{\text{пл.}}^{\text{Ln}} + m\Delta H_{\text{пл.}}^{\text{Pb}} / T_{\text{пл.}}^{\text{Pb}}) / n + m \quad (2)$$

Для сравнения данная величина энтальпии плавления ИМ рассчитана и по уравнению (1) (Расчёт1).

Полученные, таким образом, наиболее полные сведения по температуре и энтальпии плавления ИМ составов  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  и  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают хорошее совпадение рассчитанных и справочных величин температуры плавления ИМ (за исключением  $\text{Sm}_5\text{Pb}_4$ ,  $\text{Pr}_5\text{Pb}_3$ ,  $\text{Sm}_5\text{Pb}_3$  и  $\text{Eu}_5\text{Pb}_3$ ), что свидетельствует о правомерности использованного полуэмпирического метода и достоверности результатов.

Полученные величины температуры и энтальпии плавления ИМ состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  и  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  позволили установить закономерность их изменения в зависимости от природы лантанидов (N). Рисунки 1 (а) и (б) показывают, что графики закономерности температуры плавления ИМ разделяются по подгруппам лантанидов – цериевой и иттриевой, с проявлением так называемого «тетрад-эффект»-а.

Для ИМ состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  цериевой подгруппы (рис.1 (а)) с ростом порядкового номера Ln наблюдается снижение температуры плавления в первой половине подгруппы с минимумом у  $\text{Nd}_5\text{Pb}_3$  и повышением во второй половине. Для иттриевой подгруппы с ростом порядкового номера Ln наблюдается почти линейное повышение температуры плавления ИМ. Для ИМ состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  наблюдается идентичный характер закономерности в подгруппах лантанидов. Отклонение от общей закономерности для ИМ европия и иттербия обусловлено частичным ( $f^7$ ) для Eu и полным ( $f^{14}$ ) для Yb заполнением f- орбиталей электронами.

Таблица 1

Обобщённые величины температуры ( $T_{пл.}$ , К) и энтальпии плавления ( $\Delta H_{пл.}^0$ , кДж/моль- атомов) ИМ-ов: (а) – цериевая; (б) – иттриевая; P - расчёт; Л – литература [7]

$Ln_5Pb_4$	Т <sub>пл.</sub> , К	Подгруппа Ln	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu		
		а	P -1	1643*	1697	1728	1750	1763	1767	1670	
			Л	-	-	1728	-	-	1253	-	
		б	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			P -1	1733	1793	1828	1852	1865	1867	1745	1823
	Л		1733	-	1828	-	-	-	-	1823	
	$\Delta H_{пл.}^0$ кЖ/моль- атомов	Подгруппа Ln	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu		
		а	P -1	20,25	20,12	19,97	19,99	20,18	20,54	20,05	
			P-2	20,25	20,18	20,40	20,46	20,70	21,03	20,47	
		б	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
P-1			21,59	21,94	22,11	22,28	22,47	22,66	19,87	22,88	
P-2			21,59	22,54	22,91	23,25	23,43	22,79	20,76	22,88	
$Ln_5Pb_3$	Т <sub>пл.</sub> , К	Подгруппа Ln	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu		
		а	P -1	-	-	1768	-	-	1853	1418	
			Л	1918	1851	1805	1784	1788	1816	1760	
		б	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			P -1	1943	-	1968	-	-	-	-	1968
	Л		1943	1959	1968	1975	1978	1979	1820	1968	
	$\Delta H_{пл.}^0$ кЖ/моль- атомов	Подгруппа Ln	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu		
		а	P -1	21,45	19,87	18,79	18,30	18,39	19,08	17,96	
			P-2	21,45	19,51	19,78	18,26	18,43	19,18	17,96	
		б	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
P-1			22,12	22,35	22,48	22,58	22,66	22,72	19,19	22,69	
P-2	22,12		22,65	22,63	22,76	22,84	21,79	19,19	22,69		

Полученные наиболее полные сведения по термическим характеристикам ИМ состава  $Ln_5Pb_4$  и  $Ln_5Pb_3$  позволили провести математическое моделирование установленных закономерностей. Моделирование проведено по стандартной программе MICROSOFT EXCEL. Исходя из разного характера закономерностей в изменениях свойств, обработка данных проведена отдельно для цериевой и иттриевой подгруппы лантанидов. При расчётах не учтены значения характеристик для сплавов европия и иттербия, так как они выпадают из общих закономерностей. Отличие обусловлено особенностями электронного строения атомов данных металлов. Получены уравнения (табл. 2), которые с высокой достоверностью выражают установленные закономерности по подгруппам лантанидов.

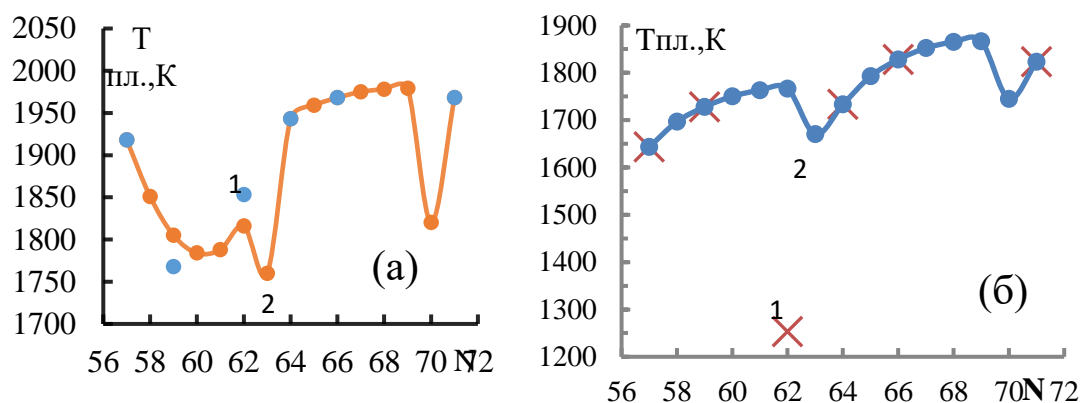


Рис. 1. Графики закономерности изменения температуры плавления ИМ  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  (а) и  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  (б) в зависимости от природы (N) лантанидов: 1 - литература; 2 - расчётные.

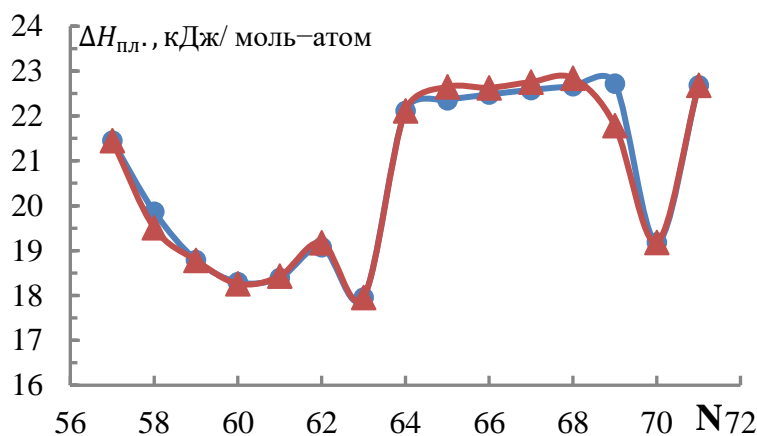


Рис. 2. Зависимость изменения энтальпия плавления ИМ состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  от порядкового номера Ln: ● – Расчёт 1; ▲ – Расчёт 2.

Таблица 2

Уравнения зависимости изменения термических характеристик ИМ состава  $\text{Ln}_5\text{Pb}_3$  и  $\text{Ln}_5\text{Pb}_4$  от природы лантанидов

ИМ	Свойство	Вид уравнений	ТТ	$R^{2*}$
$\text{Ln}_5\text{Pb}_3$	Т <sub>пл.</sub>	(а) $y = 12,125x^2 - 1397x + 41398$	П	0,87
		(б) $y = 0,5792x^2 - 29,067x + 1072,9$	П	0,99
	$\Delta H_{0\text{пл}}$	(а) $y = 0,233x^2 - 28,192x + 871,15$	П	0,86
		(б) $y = -0,0296x^2 + 4,0497x - 115,85$	П	0,82
$\text{Ln}_5\text{Pb}_4$	Т <sub>пл.</sub>	(а) $y = -5,7908x^2 + 713,09x - 20186$	П	0,997
		(б) $y = -6,7497x^2 + 923,71x - 29735$	П	0,998
	$\Delta H_{0\text{пл}}$	(а) $y = 0,0683x^2 - 8,0806x + 258,95$	П	0,97
		(б) $y = -0,0122x^2 + 1,8237x - 45,22$	П	0,994

Примечание: (а) - цериевая и (б) иттриевая подгруппа лантанидов; ТТ- тип тренда; П- полиномиальная;  $R^2$  – степень достоверности.

## Литература

1. Brown SR, Kauzlarich SM, Gascoin F, Snyder GJ. Yb<sub>14</sub>MnSb<sub>11</sub>: new high efficiency thermoelectric material for power generation. Chem Mater. 2006; 18:1873–7.
2. Chan JY, Olmstead MM, Kauzlarich SM, Webb DJ. Structure and ferromagnetism of the rare-earth Zintl compounds: Yb<sub>14</sub>MnSb<sub>11</sub> and Yb<sub>14</sub>MnBi<sub>11</sub>. Chem Mater. 1998; 10:3583–9.
3. Uvarov C.A., Abdusalyamova M.H., Makhmudov F.A. The effect of Tm substitution on the thermoelectric performance of Yb<sub>14</sub>MnSb<sub>11</sub>. Science of Advance Materials. - 2011. - V.3. - P.652-658.
4. Susan M Kauzlarich. Special Issue: Advances in Zintl Phases, Materials, 2019,12,.2554.
5. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Глава 8. Термоэлектрогенераторы. ИПО «Юпитер», Махачкала- 1996- 194 с.
6. Абдусалымова М.Н., Кабгов Х.Б., Махмудов Ф.А. Некоторые физико-химические свойства Yb<sub>14</sub>MnSb<sub>11</sub> и его твердых растворов с теллуридом. Докл. АН РТ.- 2011. - Т.54. - №11. - С.922-925.
7. Meschel S.V., Nash P., Du Yong, Wang J.C. The thermochemistry of some 5:3 binary lanthanide–lead compounds by high temperature direct synthesis calorimetry. J of Alloy and Compd., 2016, V. 656, p. 88-93.

### Авторы:

член-корреспондент Национальной Академии наук Таджикистана,  
д.х.н., профессор **Бадалов А.**

ТТУ имени акад. М.С.Осими,  
734042, г. Душанбе, ул. Раджабовых, 10А  
Тел./факс: (992) 935712125  
E-mail: [badalovab@mail.ru](mailto:badalovab@mail.ru)

к.т.н., доцент **Гадоев С.А.**

ТТУ имени акад. М.С.Осими,  
734042, г. Душанбе, ул. Раджабовых, 10А  
Тел./факс: (992 37) 221-71-35  
E-mail: [sgadoev@gmail.com](mailto:sgadoev@gmail.com)

канд. физ.-мат. наук, доцент **Самаров Ш.Ш.**

ДФ МЭИ, 734002, г. Душанбе, ул.М. Турсунзода, 82  
Тел./факс: (992 37) 918 672 836  
E-mail: [Samarov58@mail.ru](mailto:Samarov58@mail.ru)

старший преподаватель **Рахмонов Б.Ш.**

ТТУ имени акад. М.С.Осими,  
734042, г. Душанбе, ул. Раджабовых, 10А  
Тел./факс: (992) 935 888 483  
E-mail: [bakha\\_09\\_91@mail.ru](mailto:bakha_09_91@mail.ru)

К.х.н., **Насриддинов С.К.**

ТТУ имени акад. М.С.Осими,  
734042, г. Душанбе, ул. Раджабовых, 10А  
Тел./факс: (+992) 935 811 126  
E-mail: [subhiddin@mail.ru](mailto:subhiddin@mail.ru)

# СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНИКЕ

*С.Ш. Миррахматов, Х.М. Косумбек*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В работе приведено понятие диэлектрической проницаемости материалов, способы измерения диэлектрических материалов. Применения диэлектрических материалов в технике.

**Ключевые слова:** диэлектрическая проницаемость, проводники, диэлектрики, способ определения емкости конденсатора.

## METHOD OF MEASURING DIELECTRIC PERMITTIVITY AND APPLICATION OF MATERIALS IN TECHNOLOGY

*S.Sh. Mirrakhmatov, Kh.M. Kosumbek*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

The paper presents the concept of dielectric constant of materials, methods for measuring dielectric materials. Applications of dielectric materials in engineering.

**Keywords:** permittivity, conductors, dielectrics, method for determining the capacitance of a capacitor.

Понимание диэлектрической проницаемости помогает лучше понять работу электрических и магнитных устройств, а также позволяет проектировать и разрабатывать новые электротехнические и электронные устройства.

Если материал имеет высокую диэлектрическую проницаемость, то электрический ток проходит через него плохо, и он является хорошим изолятором. Напротив, материал с низкой диэлектрической проницаемостью пропускает электрический ток лучше, и он является хорошим проводником.

Диэлектрическая проницаемость является ключевым параметром, определяющим поведение электрических и магнитных полей внутри материалов. Она определяет, насколько легко может проникать электричество через материал и как это влияет на поведение электрических и магнитных полей внутри него.

Когда на вещество не действует никакое внешнее электрическое поле, то эти частицы распределяются так, что уравнивают друг друга и во всем суммарном объеме не создают дополнительного электрического поля. В случае приложения извне электрической энергии внутри молекул и атомов возникает перераспределение зарядов, которое ведет к созданию собственного внутреннего электрического поля, направленного встречно внешнему.

В электричестве принято делить вещества на:

- проводники;
- диэлектрики.

Такая классификация существует издавна, хотя она довольно условна потому, что многие тела обладают другими или комбинированными свойствами.

**Проводники.** В роли проводников выступают среды, имеющие в наличии свободные заряды. Чаще всего проводниками выступают металлы, ведь в их структуре всегда присутствуют свободные электроны, которые способны перемещаться внутри всего объема вещества и, одновременно, являются участниками тепловых процессов.

**Диэлектрики.** Так называют вещества, обладающие изоляционными свойствами. Они имеют в своем составе только связанные между собой, а не свободные заряды. У них все положительные и отрицательные частицы скреплены внутри нейтрального атома, лишены свободы передвижения.

Среди изоляционных материалов важная роль отводится электрическим характеристикам и такому показателю, как диэлектрическая проницаемость.

Вспомним, что французский физик Шарль де Кулон с помощью собственных крутильных весов исследовал закономерности электрических и магнитных сил между небольшими заряженными телами.

Определение относительной диэлектрической проницаемости среды используется для характеристики изоляционных свойств вещества. Она оценивает соотношение силы взаимодействия между двумя точечными зарядами при двух различных условиях: в вакууме и рабочей среде. При этом показатели вакуума принимаются за 1, а у реальных веществ они всегда выше 1.

Численное выражение диэлектрической проницаемости отображается безразмерной величиной, объясняется эффектом поляризации у диэлектриков, используется для оценки их характеристик.

В основе измерения диэлектрической проницаемости некоторого диэлектрика лежит формула для емкости плоского конденсатора, заполненного данным диэлектриком:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} . \quad (1)$$

Здесь  $S$  - площадь обкладок конденсатора,  $d$  - расстояние между обкладками,  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость диэлектрика,  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – электрическая постоянная. Из формулы (1) вытекает соотношение

$$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} , \quad (2)$$

которое позволяет вычислить искомую диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$ , если известны емкость конденсатора  $C$ , площадь обкладок  $S$  и расстояние между ними  $d$ .

Один из способов определения емкости конденсатора  $C$  состоит в том, чтобы последовательно этому конденсатору подключить некоторый другой конденсатор с известной емкостью  $C_0$  и составить цепь, содержащую источник



постоянного тока и батарею последовательно соединенных конденсаторов  $C$  и  $C_0$  (рис. 1)

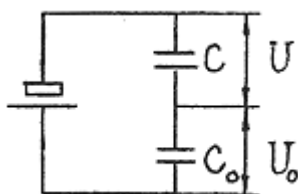


Рис. 1.

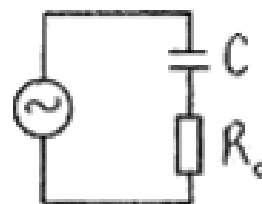


Рис. 2

Если в цепи, представленной на рис. 1,  $U$  - разность потенциалов на обкладках конденсатора  $C$ , и  $U_0$  - разность потенциалов на обкладках конденсатора  $C_0$ , то, учитывая, что заряды  $q$  конденсаторов  $C$  и  $C_0$  при последовательном соединении одинаковы, будем иметь:

$$q = CU = C_0U_0.$$

Откуда

$$C = \frac{U_0}{U} \cdot C_0. \quad (3)$$

Следовательно, для определения емкости конденсатора  $C$  достаточно в цепи, изображенной на рис. 1, измерить разности потенциалов  $U$  и  $U_0$  на конденсаторах  $C$  и  $C_0$ .

Измерения емкости  $C$  может быть получено с помощью цепи, изображенной на рис. 2, в которой  $R_0$  - известное сопротивление. Если  $U_d$  и  $U_{od}$  - действующие значения напряжений на конденсаторе  $C$  и резисторе  $R_0$ , то для действующего значения силы тока в цепи можно написать соотношение:

$$I_d = \omega C \cdot U_d = \frac{1}{R_0} U_{od},$$

из которого следует, что

$$C = \frac{1}{\omega R_0} \cdot \frac{U_{od}}{U_d}. \quad (4)$$

Условием правильного измерения напряжений  $U_d$  и  $U_{od}$  на конденсаторе  $C$  и резисторе  $R_0$  в цепи, изображенной на рис. 3, является выполнение следующих неравенств:  $R_0 \ll R$  и  $1/\omega C \ll R$ , где  $R$  - сопротивление вольтметра.

Диэлектрики являются важными компонентами во многих устройствах. В электротехнике они широко используются при проектировании и изготовлении конденсаторов, которые являются важными компонентами в многих электронных устройствах, таких как радио, телевидение и компьютеры.

Емкость конденсатора прямо пропорциональна диэлектрической постоянной материала, используемого как изоляционный слой между пластинами конденсатора.

Таблица 1

Значения диэлектрической проницаемости отдельных сред (при комнатной температуре)

Вещество	Диэлектрическая проницаемость	Вещество	Диэлектрическая проницаемость
Сегнетова соль	6000	Алмаз	5,7
Рутил (вдоль оптической оси)	170	Вода	81
Полиэтилен	2,3	Спирт этиловый	26,8
Кремний	12,0	Слюда	6
Стекло	5-16	Углекислый газ	1,00099
NaCl	5,26	Водяной пар	1,0126
Бензол	2,322	Воздух (760 мм рт. ст.)	1,00057

Другое распространенное применение диэлектрической проницаемости - это проектирование электрических трансформаторов. Используя материалы с высокой диэлектрической проницаемостью, можно уменьшить размер трансформатора, что сделает его более эффективным и экономически эффективным.

В радиотехнике она используется в качестве параметра для оценки эффективности излучения и приема сигналов.

В телекоммуникационной отрасли диэлектрическая проницаемость материала используется для определения его пригодности для использования в качестве изоляционного слоя в коаксиальных кабелях. Она также играет роль в определении потерь сигнала в этих кабелях.

Диэлектрическая проницаемость также используется в медицинской диагностике, например, в магнитно-резонансной томографии для облегчения визуализации внутренних органов человека.

В целом, диэлектрическая проницаемость имеет широкий спектр практических применений, что делает ее важным параметром во многих различных областях. Будь то электроника, телекоммуникации или медицина, диэлектрическая проницаемость является ценным инструментом, который помогает инженерам и ученым понимать и оптимизировать электрические свойства материалов.

### **Выводы**

Диэлектрическая проницаемость является важным понятием в физике, которое имеет широкое применение в различных областях, таких как электроника, электротехника, телекоммуникации и медицина.

Диэлектрическая проницаемость играет ключевую роль в понимании физических процессов, происходящих внутри материалов, и ее исследование помогает разработать новые технологии, приборы и оборудование.

## Литература

1. Белов Д.В. Электромагнетизм и волновая оптика. М.: Издательство МГУ, 1994, § 4-6, 12
2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. Пособие. В 5 кн. Кн. 2. Электричество и магнетизм - 4-е изд., перераб. - М.: Наука. Физматлит. 1998. – 336.

### Авторы:

к.т.н., доцент **Миррахматов С.Ш.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82  
E-mail: mirrahmatov61@mail.ru

студент **Косумбек Х.М.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г.Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82  
E-mail: kosumbekovk@gmail.com

## РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЯКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛО ЧАМАНЗОР ЯВАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

*Дж.А. Зарипов, М.М. Сафаров*

Таджикский Технический Университет им. акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

Для уточнения свойств порошкового гранулированного известняка и его продуктов из месторождения Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан были исследованы рентгено - фазовые характеристики порошковой гранулированной извести и её продуктов при комнатной температуре от 200К до 2500К.

В процессе рентгено – фазового анализа происходит выделение теплоты, что ведет к повышению температуры в системе и снижению активности адсорбентов. Количество погашаемого вещества зависит от площади поверхности поглотителя, поэтому адсорбенты обладают чрезвычайно развитой поверхностью, что достигается за счет образования большого количества пара в твердом теле.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований рентгено - фазового анализа известняка при различных температурах (200 - 1050)К.

**Ключевые слова:** температура, влага, время, известняк, теплоноситель, увлажнения.

## X-RAY PHASE ANALYSIS OF LIMESTONE DEPOSITS IN THE VILLAGE OF CHAMANZOR, YAVAN DISTRICT, REPUBLIC OF TAJIKISTAN

*J.A. Zaripov, M.M. Safarov*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

To clarify the properties of powdered granulated limestone and its products from the Chamanzor deposit in the Yavan district of the Republic of Tajikistan, the X-ray phase characteristics of powdered granulated lime and its products were studied at room temperature from 200K to 2500K.

During the X-ray phase analysis, heat is released, which leads to an increase in temperature in the system and a decrease in the activity of adsorbents. The amount of the quenched substance depends on the surface area of the absorber, so the adsorbents have an extremely developed surface, which is achieved due to the formation of a large amount of steam in the solid.

The article presents the results of experimental studies of X-ray phase analysis of limestone at various temperatures (200 - 1050)K.

**Keywords:** temperature, moisture, time, absorption, limestone, heat carrier, humidification.

Значительное количество исследований посвящено извести месторождения село Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан и их различных массивов, где залегает больше количество негашёного известняка в том числе нуммулитовых, к которым относится испытуемые образцы [1].

Однако, несмотря на все, задача по решению вопросов получения достоверных данных по рентгено - фазового анализа свойствам материалов и веществ при повышенных температурах с относительно малой погрешностью, а также около точек фазовых превращений, остается не решенной. Наибольшее количество научных работ было найдено с целью последующего сравнения полученного значения водопоглощения по массе нуммулитового известняка с результатами испытаний других исследователей [1-3].

Большой вклад в изучении водопоглощения по массе нуммулитовых известняков Крымского полуострова внес С.К. Сухорученко, в работе которого представлено подробное исследование их физико-механических свойств [4].

В силу достаточно малого количества информации о проведенных опытах по определению водопоглощения по массе нуммулитового известняка были найдены источники, содержащие сведения о результатах испытания различных пород известняка в целом, что позволяет осуществить качественное сравнение данных [3-4].

Кроме того, большое внимание было уделено научной литературе, содержащей информацию о способах улучшения показателя водопоглощения известняка в целом различными способами [1]

Автор Зарипов Дж.А. рассматривает возможность применения пропитки полисульфидными растворами известняка-ракушечника, используемого в качестве облицовочного материала, а также для изготовления дорожных изделий, с целью улучшения его эксплуатационных свойств и повышения долговечности [3].

В конце исследования осуществлен анализ научной литературы касательно использования нуммулитового известняка в различных областях строительства, а также определены возможные перспективы его применения [3].

В данной статье произведено экспериментальное исследование и анализ данных известняка. Полученная информация позволяет найти пути улучшения рентгенофазового анализа известняка и определить целесообразность его применения в различных областях отечественной промышленности и строительстве. Для исследования рентгенофаз известняка и его продуктов с месторождения село Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан, первоначально выполнили анализ известняка. Для уточнения структуры негашёного известняка провели рентгена - фазовый анализа вещества [1 - 3]. Результат рентгенофазового анализа представлен в таблице 1. При определённом времени поиска результат объекта показан в таблице 3.

Таблица 1

Результат рентгенофазового анализа

Formula	Ca CO <sub>3</sub>
Pdf Number	85-1008
Figure of Merit	88%
Total Peaks	19
Peaks Matched	19
New Matches	19
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.960643
Concentration	1
I / Icorundum	3.39

Таблица 2

Продолжение результата поиска приведено в таблице 2, ( Peak List - Список пиков. Peak Search Settings-Настройка поиска пиков)

Confidence Threshold	90%
Matched / Total	18 /21

Результаты рентгенофазового анализа таблица 3 представляется на рисунке 1.

В таблице 3 совпадение всех элементов буквы (A) доказывает, что это результат рентгенофазного анализа вещества который изображен в виде пика на рисунке 1. Каждый пик рисунок 1 доказывает 100%-вый элементы вещества.

Например, в таблице 2 (Matched / Total-18/21) это обозначение известный и неизвестный элемент вещества в виде %. 18-буква (A) - это известный элемент по результатам анализа, а три неясный элемент который приведен в таблица 3. Сумма всех этих элементов 21. Результат таблицы 3 приведен на рисунке 1

## Результат объекта

<i>2-Theta</i>	<i>D-Spacing</i>	<i>Intensity</i>	<i>Width</i>	<i>Confidence</i>	<i>Matches</i>
10.001	8.8369	18	0.167	94.8%	
10.508	8.4120	14	0.139	90.2%	
23.088	3.8491	158	0.164	100%	A
26.525	3.3576	20	0.158	99.7%	
29.449	3.0305	1378	0.155	100%	A
31.494	2.8383	37	0.179	100%	A
36.032	2.4905	231	0.162	100%	A
39.479	2.2807	286	0.165	100%	A
43.234	2.0909	265	0.163	100%	A
47.146	1.9261	86	0.161	100%	A
47.606	1.9086	249	0.169	100%	A
48.601	1.8718	269	0.178	100%	A
56.662	1.6231	68	0.195	100%	A
57.503	1.6014	139	0.184	100%	A
58.240	1.5829	15	0.165	98.8%	A
60.796	1.5223	63	0.210	100%	A
61.515	1.5062	15	0.166	94.3%	A
63.190	1.4703	20	0.183	100%	A
64.767	1.4382	91	0.184	100%	A
65.741	1.4192	28	0.213	100%	A
69.283	1.3551	14	0.165	98.5%	A

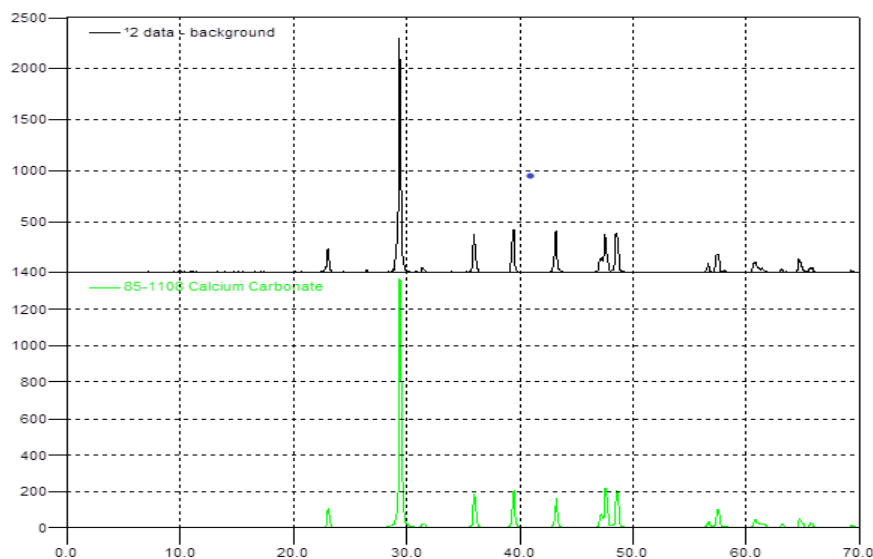


Рис. 1. Результат рентгенофазового анализа исследуемого образца

**Заключение**

1. Получены экспериментальные данные по рентгенофазовому анализу известняка в зависимости от массы при различных температурах (200 - 1050)К.
2. Выполнен анализ результатов рентгенофазового исследования образца известняка села Чаманзор Яванского района.
3. Для уточнения структуры 2г., CaCO<sub>3</sub> при температуре (200-1050)К, использовали метод рентгенофазового анализа вещества (CaO<sub>3</sub>).

## Литература

1. Миркин, Л.И. Рентгеноструктурный анализ: Индицирование рентгено-грамм: Справочное руководство. – М.: Наука, 1981г. – 495с.
2. Смирнов, И.В. Новый метод использования извести в строительстве. Журн. «Строительная промышленность», №4, 1937г. Книга Б.В.Осин. – С.3 – 26.
3. Зарипов, Дж.А., Зикиллоев Ш.Т., Сафаров М.М. Рентгенофазовый анализ образца негашёной извести и флюоритового концентрата при температуре 1073К / Материалы Республиканской научно – практической конференции на тему «Математическое и компьютерное моделирование физических процессов», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических дисциплин в сфере науки и образования (9 февраля 2023г), Душанбе. – С. 227 – 230
4. Сухорученко С.К., / Денудационные процессы нуммулитового известняка центральной части Крымских пород в районе г. Симферополя. Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. 2010. Т.23 (62). №.1. С.78-83.

## Авторы:

к.т.н., доцент **Зарипов Дж.А.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10

Телефон: (+992) 919623326

E-mail: jz-1972 @ mail.ru

д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники РТ **Сафаров М.М.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10

Телефон: (+992) 931631585

E-mail: mahmad1 @list.ru

## ПРИДАНИЕ ФУНГИТОКСИЧНОСТИ БУМАГЕ ПУТЕМ ЕЁ ПРОПИТКИ ЦИПРОДИНИЛОМ

*В.А. Токарев*

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно, Белоруссия

В данной статье представлены результаты по исследованию возможности использования ципродинила для придания фунгитоксичности двум видам бумаги, а именно офисной белой бумаге и крафт-бумаге.

**Ключевые слова:** фунгицидность, бумага, ципродинил, архивные документы, *aspergillus brasiliensis*.

## MAKING PAPER FUNGITOXIC BY IMPREGNATING IT WITH CYPRODINIL

*V.A. Tokarev*

Grodno State University named after Yanka Kupala, Grodno, Belarus

This paper presents the results of a study on the possibility of using cyprodinil to impart fungitoxicity to two types of paper, namely office white paper and kraft paper.

**Key words:** fungicidal activity, paper, cyprodinil, archival documents, aspergillus brasiliensis.

## **Введение**

Защита от разрушительного воздействия микромицетов на материалы осуществляется введением фунгицидных препаратов в состав этих материалов. Фунгициды способны не только ингибировать рост микроскопических грибов, но и стимулировать их рост, создавать благоприятные условия для развития микроорганизмов [2, с. 121].

В работе по реставрации книг и документов постоянно возникает необходимость реставрировать бумагу разных видов – от тряпичных ручного изготовления в старых книгах до бумаги из древесных отбеленных волокон, изготовленных на скоростных бумагоделательных машинах в современных книгах; бумага окрашенная и неокрашенная, разрушенная в большей или меньшей степени. [3, с. 54-55]

Для введения биоцидов в бумагу используют следующие способы: пропитка бумаги и картона; нанесение антисептика на поверхность бумаги; пропитка бумаги дисперсией, содержащей биоцид и гидрофобные добавки; введение биоцида в волокнистую суспензию [2, с. 198].

Занимаясь реставрацией и консервацией архивных документов, перед учёными стоит поиск эффективных фунгицидных средств для борьбы с плесневым поражением, а также создание фунгитоксичных реставрационных материалов.

## **Материалы и методы исследования**

Для придания фунгистойкости крафт-бумаге и офисной бумаге их пропитывали растворами разной концентрации ципродинила (1%; 0,1%; 0,01%; 0,001%) в качестве контроля использовали бумагу пропитанную дист. водой.

*Ципродинил* – бежевый порошок, по химической природе анилинопиримидин, ингибирует биосинтез метионина. Малотоксичен для теплокровных животных, не вызывает раздражения кожи и глаз.

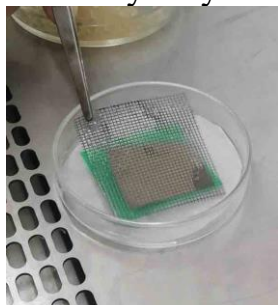
Фунгитоксичность антисептированных образцов по отношению к плесневым грибам оценивали методом «агаровой сетки» [1, с. 49]. Основой агаровой сетки служила агаризованная среда Чапека-Докса. Фунгитоксичность антисептированных образцов оценивали по отношению к плесневому грибу (*Aspergillus brasiliensis*).

Расплавленную среду выливали в чашку Петри и периодически перемешивали металлическим шпателем до тех пор, пока среда не застывала мелкими крупинками, затем перемешивали с суспензией грибных спор. На испытуемые образцы, находящиеся в чашках Петри с увлажненными бумажными фильтрами, сверху накладывали специальный сетчатый шаблон, на который помещали мягкий агар и с помощью шпателя Дригальского

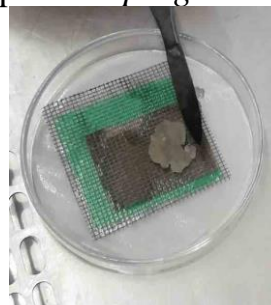


равномерно распределяли питательную среду по ячейкам шаблона. После снятия шаблона на образце оставалась «агаровая сетка», представляющая собой тонкий слой питательной среды разделенный на блоки сетью борозд (рисунок 1).

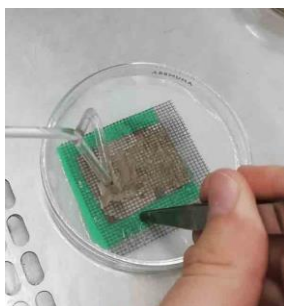
А. Нанесение сеточного шаблона на бумагу



Б. Нанесение мягкого агара со спорами *Aspergillus niger*



В. Распределение агара по ячейкам сетчатого шаблона



Г. Вид агаровой сетки

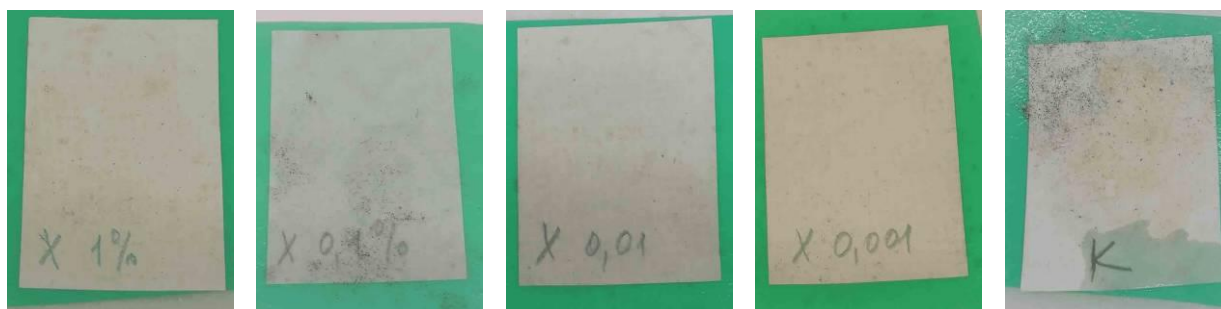


Рис. 1. Оценка фунгитоксичности бумаги материалов методом агаровой сетки

Отдельные агаровые микроблоки должны моделировать пылевые загрязнения и капли водного конденсата на бумаге. Споры, находящиеся на вершине таких микроблоков, могут прорасти даже на образцах с высокой фунгитоксичностью [1, с. 50-52]. Фунгицидные свойства бумаги проверяли, проводя визуальный осмотр агаровой сетки.

### Результаты исследования и их обсуждение

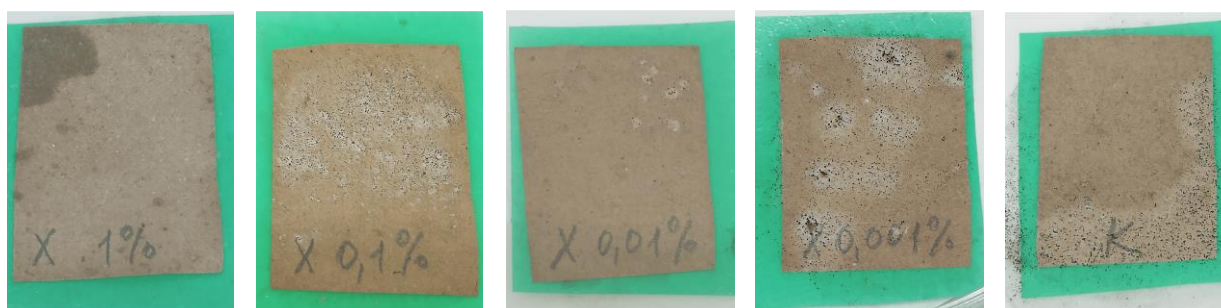
На офисной бумаге спорообразование наблюдали на контрольном образце бумаги (без фунгицида) и образце с концентрацией фунгицида 0,1%. А при концентрациях 1%; 0,01%; 0,001% лаг-фаза в течении 5 суток. Таким образом, наблюдается фунгистатический эффект, такие результаты можно объяснить неравномерным пропитыванием образцов (рисунок 2).



А – 1% раствор      Б – 0,1% раствор  
 В – 0,01% раствор      Г – 0,001% раствор      Д – Контроль (без фунгицида)

Рис. 2. Прорастание спор *Aspergillus brasiliensis* в агаровом блоке на офсетной бумаге пропитанной ципродинилом на 5 сутки

На крафт-бумаге активное спорообразование шло на контрольном образце и на образцах с концентрацией 0,1%, 0,001%. А при концентрациях 1% и 0,01% лаг-фаза длилась 5 суток. Таким образом, наблюдается фунгистатический эффект, результаты можно объяснить неравномерным пропитыванием образцов, неравномерным распределением агара, меньшей биостойкостью крафт-бумаги по сравнению с бумагой офисной (рисунок 3).



А – 1% раствор      Б – 0,1% раствор  
 В – 0,01% раствор      Г – 0,001% раствор      Д – Контроль (без фунгицида)

Рис. 3. Прорастание спор *Aspergillus brasiliensis* в агаровом блоке на крафт-бумаге пропитанной ципродинилом на 5 сутки

### Заключение

Определили большую фунгистойкость к *Aspergillus brasiliensis* офисной бумаги по сравнению с крафт-бумагой пропитанных растворами разной концентрации ципродинила. Пропитка фунгицидом бумаги значительно повышала её биостойкость по сравнению с контрольными образцами без ципродинила.

### Литература

1. Гончарова, И.А. Методы лабораторных исследований при решении проблем обеспечения микологической безопасности архивов / Минск: БелНИИДАД, 2023. – 56 с.
2. Пехташева, Е.Л. Биоповреждения и защита древесины и бумаги / Е.Л. Пехташева., А.Н. Неверов, Г.Е. Заиков, С.А. Шевцова, Н.Е. Темникова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №8. – С. 192-199.

3. Стеблевский, В.И., Николаева, Н.К. Консервация и реставрация книг. Методические рекомендации // М.: ВГБИЛ, 1987. – 210 с

**Автор:**

Студент 5 курса, Токарев В. А.  
ГрГУ им. Янки Купалы  
230027, Беларусь, г. Гродно, ул. Л. Чайкиной, 51  
Телефон: +375295612632  
E-mail: [Веерпак@mail.ru](mailto:Веерпак@mail.ru)

## О ДИНАМИЧЕСКИХ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВАХ ВОДЫ

*Н.Б. Шоайдаров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

На основе обобщения метода НФР для описания динамических вязкоупругих свойств многоатомных жидких систем, состоящих из жестких молекул произвольной формы, сформулирована система уравнений обобщенной (релаксационной) гидродинамики для многоатомных жидкостей и при определенных упрощениях получены аналитические выражения для обобщенных коэффициентов вязкости многоатомных жидкостей. Проведены численные расчеты зависимости динамического коэффициента сдвиговой вязкости воды от температуры, при различных значениях плотности жидкости.

**Ключевые слова:** многоатомные жидкости, термическая релаксация, динамические вязкоупругие свойства, равновесные корреляторы, характерные времена релаксации.

## ON DYNAMIC VISCOELASTIC PROPERTIES OF WATER

*N.B. Shoaidarov*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

Based on the generalization of the Nonequilibrium distribution function (NDF) method for describing the dynamic viscoelastic properties of polyatomic liquid systems consisting of rigid molecules of arbitrary shape, a system of equations of generalized (relaxation) hydrodynamics for polyatomic liquids is formulated and, with certain simplifications, analytical expressions are obtained for the generalized viscosity coefficients of polyatomic liquids. Numerical calculations of the dependence of the dynamic coefficient of shear viscosity of water on temperature are carried out at different values of liquid density.

**Keywords:** polyatomic liquids, thermal relaxation, dynamic viscoelastic properties, equilibrium correlators, characteristic relaxation times.

Известно, что вязкоупругие свойства жидкостей при высокочастотных динамических процессах, существенно отличаются от их вязкоупругих

свойств, при медленных и статических процессах [1,2]. Исследование неравновесных динамических вязкоупругих свойств жидких систем, с учетом вкладов особенности структуры и механизмов происходящих в жидкостях внутренних релаксационных процессов, возможно только на основе строгих методов неравновесной статистической теории жидкостей. Для исследования неравновесных свойств сложных жидких систем, наряду с существующими методами, успешно используется метод неравновесной функции распределения (НФР) [2].

В работе [3] на основе обобщения метода неравновесной функции распределения (НФР) для описания многоатомных жидкостей с произвольными формами молекул, была получена замкнутая система уравнений обобщённой (релаксационной) гидродинамики в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\tau_{tt}}{\sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} + \frac{\tau_{tr}}{\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} + \frac{\hat{\tau}_{tr}}{\sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} &= A_t^{\alpha\beta}, \\ \frac{\partial \sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\tau_{trt}}{\sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} + \frac{\tau_{trr}}{\sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} + \frac{\tau_{trtr}}{\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\tau_{rr}}{\sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} + \frac{\tau_{trr}}{\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} + \frac{\tau_{trtr}}{\sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)} &= A_r^{\alpha\beta} \end{aligned} \quad (1)$$

, где  $\sigma^{\alpha\beta}$  – компоненты тензора вязкого напряжения, обусловленного поступательными ( $t$ ), вращательными ( $r$ ) степенями свободы молекул и взаимодействиями этих степеней свободы ( $tr$ ), а  $A_t^{\alpha\beta}$  и  $A_r^{\alpha\beta}$  – соответствующие гидродинамические источники.

Решение (1) с учетом условия  $\frac{\tau_{tt}}{\tau_{tr}}, \frac{\tau_{rr}}{\tau_{tr}} \gg 1$  позволили получить для динамического коэффициента сдвиговой вязкости и соответствующий им динамического модуля сдвиговой упругости многоатомных жидкостей следующие выражения:

$$\eta_{str}(\nu) = \frac{\mu_{str}^{\infty} \tau_{tr}}{2(1+(\nu\tau_{\Delta\phi})^2)(1+(\nu\tau_{tr})^2)} \quad (2a)$$

$$\mu_{str}(\nu) = \frac{\mu_{str}^{\infty} \nu^2 \tau_{tr} \tau_{\Delta\phi}}{2(1+(\nu\tau_{\Delta\phi})^2)(1+(\nu\tau_{tr})^2)} \quad (2b)$$

Входящие в (2) статические модули упругости -  $\mu_{tr}^{\infty}$  и характерные времена релаксации -  $\tau_{tr}$ ,  $\tau_{tt}$ ,  $\tau_{rr}$  и  $\tau_{\Delta\phi}$  определяются из следующих выражений:

$$\mu_{str}^{\infty} = P_t(T, n) \left[ 1 - \frac{1}{c_V} \left( \frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n \left( 1 - \frac{P_r(T, n)}{P_t(T, n)} \right) \right] \quad (3a)$$

$$P_t(T, n) = \frac{6\epsilon}{\pi\sigma^3} \tilde{n} \tilde{T} \left( 1 - \frac{2\tilde{n}}{3\tilde{T}} \int \frac{\partial \tilde{\Phi}(r, \theta)}{\partial r} g_o(r, \theta) \sin\theta d\theta r^3 dr \right) \quad (3b)$$

$$P_r(T, n) = \frac{6\epsilon}{\pi\sigma^3} \tilde{n} \tilde{T} \left( 1 - \frac{2\tilde{n}}{3\tilde{T}} \int B \frac{\partial \tilde{\Phi}(r, \theta)}{\partial \theta} g_o(r, \theta) \sin^2\theta d\theta r^2 dr \right) \quad (3b)$$

$$\left( \frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n = \frac{6k}{\pi\sigma^3} \left\{ \tilde{n} - \left( \frac{2\tilde{n}}{\tilde{T}} \right)^2 \int \frac{\partial (\tilde{\Phi}(r, \theta))^2}{\partial r} g_o(r, \theta) r^2 dr d\theta \right\} \quad (3\gamma)$$

$$c_V = \frac{18k}{\pi\sigma^3} \left\{ \tilde{n} + \left( \frac{2\tilde{n}}{\tilde{T}} \right)^2 \int (\tilde{\Phi}(r, \theta))^2 g_o(r, \theta) r^2 dr d\theta \right\} \quad (3d)$$

$$\tau_{tt} = \frac{m}{\beta_{tt}}, \quad \beta_{tt} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle \hat{F}(0) \tilde{F}(t_1) \rangle_o dt_1 \quad (4a)$$

$$\tau_{rr} = \frac{l}{\beta_{rr}}, \quad \beta_{rr} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle \hat{N}(0) \tilde{N}(t_1) \rangle_o dt_1 \quad (4b)$$

$$\tau_{tr} = \frac{\sqrt{ml}}{\beta_{tr}}, \quad \beta_{tr} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle \hat{F}(0) \tilde{N}(t_1) \rangle_o dt_1 \quad (4b)$$

$$\tau_{\text{эф}} = \frac{10\tau_{tr}^2(\tau_{tt} + \tau_{rr})}{3\tau_{tt}\tau_{rr}} \quad (4\Gamma)$$

Из выражений следует, что зависимость вязкоупругих параметров многоатомных жидкостей от особенности молекулярной структуры и взаимодействия молекул жидкости, в рамках рассматриваемой модели определяются через характерные времена релаксации  $\tau$ , а в конечном счете через равновесные корреляторы: сила-сила  $\langle \hat{F}_t(\vec{X}, \vec{\theta}) \tilde{F}_t(t_1) \rangle_0$ , момент – момент  $\langle \hat{N}_t(\vec{X}, \vec{\theta}) \tilde{N}_t(t_1) \rangle_0$  и сила - момент  $\langle \tilde{F}_t(\vec{X}, \vec{\theta}) \tilde{N}_t(t_1) \rangle_0$ .

В данной работе мы приведем численные расчеты динамических и вязкоупругих параметров воды исходя из выражений полученных в работе [3]. Соответствующие численные расчеты и их сравнения с экспериментом, были проведены в [3] для жидкого аммиака.

Для проведения численных расчетов вязкоупругих параметров воды сначала выражения (2) представим в безразмерном виде:

$$\beta_{tt} = B_{tt} \tilde{\tau} \frac{\tilde{n}}{\tilde{r}} \int_0^\infty \left( \frac{\partial \tilde{\Phi}_{ij}}{\partial r} \right)^2 g_0(r) r^2 dr \sin(\theta) d\theta \quad (5a)$$

$$\beta_{rr} = B_{rr} \tilde{\tau} \frac{\tilde{n}}{\tilde{r}} \int_0^\infty \left( \hat{a} \frac{\partial \tilde{\Phi}_{ij}}{\partial \theta} \right)^2 g_0(r) r^2 dr \sin(\theta) d\theta \quad (5б)$$

$$\beta_{tr} = B_{tr} \tilde{\tau} \frac{\tilde{n}}{\tilde{r}} \int_0^\infty \left( \frac{\partial \tilde{\Phi}_{ij}}{\partial r} \right) \left( \hat{a} \frac{\partial \tilde{\Phi}_{ij}}{\partial \theta} \right) g_0(r) r^2 dr \sin(\theta) d\theta \quad (5в)$$

$$\text{где, } B_{tt} = \frac{4\varepsilon\tau}{\sigma^2} \left[ \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right]; B_{rr} = 4\varepsilon\tau \left[ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} \right]; B_{tr} = \frac{4\varepsilon\tau}{\sigma} \left[ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}} \right] \quad (6)$$

а,  $\tilde{\tau}$  – безразмерное число которое может быть использовано в качестве подгоночного параметра. Подставляя в (10) значения молекулярных параметров воды [6, стр 45] получим:

$$B_{tt} = 3 \cdot 10^{-15} \text{ кг/с}; B_{rr} = 2,1 \cdot 10^{-34} \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}; B_{tr} = 7,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с} \quad (7)$$

В качестве расчетного потенциала примем, потенциал предложенный Штокмайером [4]. Потенциал Штокмайера представляет собой комбинацию потенциала Леннарда-Джонса (12-6) и взаимодействие двух диполей: [4, стр.42]

$$\Phi_{ij}\{r_{ij}, \theta_i, \theta_j, (\varphi_i - \varphi_j)\} = 4\varepsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r_{ij}} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r_{ij}} \right)^6 \right] - k \frac{\mu_i \mu_j}{r_{ij}^3} f(\theta_i, \theta_j, (\varphi_i - \varphi_j)) \quad (8)$$

где,  $f(\theta_i, \theta_j, (\varphi_i - \varphi_j)) = 2\cos\theta_i \cos\theta_j - \sin\theta_i \sin\theta_j \cos(\varphi_i - \varphi_j)$  – множитель выражающий ориентацию диполей и их взаимодействие,  $\mu_i, \mu_j$  – соответственно дипольные моменты молекул а и б,  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Дж}\cdot\text{м}/\text{Кл}^2$  – коэффициент пропорциональности в законе Кулона,  $r_{ij}$  – расстояние между молекулами  $i$  и  $j$ . Переходя к безразмерным величинам:  $r = \frac{r_{ij}}{\sigma}$ ;  $\mu = k \frac{d_i d_j}{\varepsilon \sigma^3}$  выражение (16) представим в безразмерную форму:

$$\tilde{\Phi} = \frac{\Phi_{ab}}{\varepsilon} = 4 \left[ (r)^{-12} - (r)^{-6} \right] - \mu f(\theta_i, \theta_j, \Delta\varphi) r^{-3} \quad (9)$$

В общем виде ориентационный множитель  $f(\theta_a, \theta_b, (\varphi_a - \varphi_b))$ , в (8) представляет собой сложную функцию и зависящую от четырех углов. Так как мы рассматриваем парное взаимодействие диполей, то ориентационный множитель значительно упрощается, если предположить одну молекулу неподвижной и связывать с ней сферическую систему координат. В таком

случае множитель  $f(\theta_i, \theta_j, (\varphi_i - \varphi_j))$  будет зависеть от относительной ориентации молекул.

Равновесную радиальную функцию распределения представим в виде [5]

$$g_o(r) = \begin{cases} y(1) = \frac{2 - \rho}{2(1 - \rho)}, & r \leq 1 & (10a) \\ e^{-\frac{\tilde{\Phi}_{ij}(r)}{T}} y(r) & 1 \leq r \leq 2 & (10б) \\ e^{-\frac{\tilde{\Phi}_{ij}^*(r)}{T}} & r > 2. & (10в) \end{cases}$$

где  $y(r)$  - бинарная функция распределения двух полостей, явный вид которого на расстояниях  $1 < r < 2$  приведена в [7].

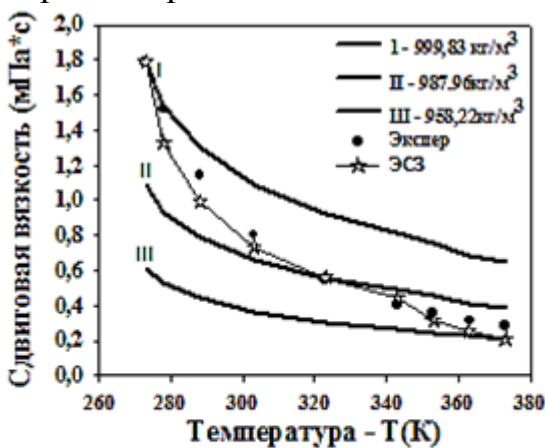


Рис. 1. Зависимость динамического коэффициента сдвиговой вязкости воды от температуры для трех значения плотности: I-999.83кг/м<sup>3</sup>; II-987.96кг/м<sup>3</sup>; III-958.22кг/м<sup>3</sup>;

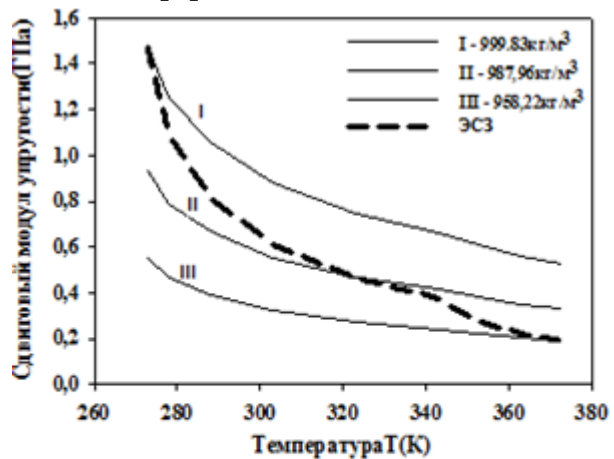


Рис. 2. Зависимость динамического модуля упругости воды от температуры для трех значения плотности: I-999.83кг/м<sup>3</sup>; II-987.96кг/м<sup>3</sup>; III-958.22кг/м<sup>3</sup>;

В таблице 1 приведены результаты численного расчета динамического коэффициента сдвиговой вязкости и соответствующего ему модуля упругости воды рассчитанные по выражениям (2) , а на рисунках 1 и 2 приведены графики температурной зависимости сдвиговой вязкости и модуля упругости при трех значениях плотности.

Из рисунка 1 видно, что с увеличением температуры происходит уменьшение сдвиговой вязкости, что вполне соответствует традиционному объяснению Бачинского - увеличение температуры жидкости сопровождается её расширением, и, следовательно, увеличением межмолекулярного расстояния, что уменьшает энергию межмолекулярного взаимодействия, следствием чего является уменьшение вязкости жидкости. Несмотря на то, что в областях более низких и высоких температурах наблюдается малозаметное отклонение от эксперимента в целом, при экспериментально согласованных значений плотности и температуры(см.кривая ЭСЗ), наши теоретические численные расчёты совпадают с экспериментальными результатами, Из таблицы 1 видно, что уменьшение вязкости при увеличении температуры проявляется при меньших плотностях, которое связано с невозможностью роста межмолекулярных расстояний при фиксированных плотностях и,

следовательно, при меньшей плотности жидкая система как бы менее плотно упакована и её плотность меньше. Из сопоставления рисунков 1 и 2, видно, что характер температурной зависимости сдвиговой вязкости и сдвигового модуля упругости мало отличаются друг от друга, если не принимать во внимание что значения кривых  $\mu(T)$  немного отличается  $\eta(T)$ . Отсюда можно сделать вывод, что вклад  $\tau(T)$  в температурные зависимости вязкоупругих параметров воды незначителен.

Таблица 1

		$\eta_{Stt}$ , мПа · с								
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Т, К	999,83	999,93	999,12	995,65	987,96	977,85	971,85	965,33	958,22
		273	1,7973	1,5630	1,3814	1,2320	1,0745	0,9346	0,7911	0,6909
278	1,6533	1,4379	1,2707	1,1327	0,9583	0,9192	0,7096	0,6335	0,5708	
288	1,4512	1,2621	1,1152	0,9934	0,8521	0,8040	0,6201	0,5529	0,4976	
303	1,2602	1,0960	0,9683	0,8331	0,7494	0,6404	0,5356	0,4770	0,4287	
323	1,1062	0,9620	0,8498	0,7557	0,6371	0,6078	0,4676	0,4159	0,3733	
343	1,0077	0,8578	0,7595	0,6763	0,5881	0,5085	0,4244	0,3772	0,3381	
353	0,9696	0,8433	0,7448	0,6618	0,5741	0,5305	0,4077	0,3622	0,3246	
363	0,9367	0,8147	0,7195	0,6392	0,5543	0,5120	0,3933	0,3391	0,3129	
373	0,9084	0,7900	0,6977	0,6031	0,5372	0,4569	0,3810	0,3383	0,2923	
		$\mu_{Stt}$ , ГПа								
273	1,4693	1,2800	1,1345	1,0197	0,9269	0,8503	0,6654	0,6017	0,5498	
278	1,2532	1,0917	0,9675	0,8696	0,7904	0,7250	0,5672	0,5128	0,4685	
288	1,0583	0,9215	0,8162	0,7331	0,6658	0,6101	0,4938	0,4304	0,3927	
303	0,8836	0,7688	0,6805	0,6107	0,5540	0,5072	0,3954	0,3565	0,3247	
323	0,7482	0,6506	0,5755	0,5160	0,4676	0,4276	0,3326	0,2994	0,2723	
343	0,6605	0,5740	0,5075	0,4548	0,4118	0,3763	0,2923	0,2628	0,2387	
353	0,6134	0,5330	0,4712	0,4221	0,3822	0,3491	0,2711	0,2437	0,2213	
363	0,5615	0,4880	0,4314	0,3864	0,3498	0,3195	0,2480	0,2229	0,2024	
373	0,5275	0,4584	0,4051	0,3629	0,3285	0,2999	0,2328	0,2092	0,1899	

### Заключение

Результаты численных расчетов динамических вязкоупругих коэффициентов воды ещё раз показывают, что подобно простым одноатомным жидкостям, в многоатомных полярных жидкостях тоже все известные молекулярные механизмы релаксационных явлений и вязкоупругих процессов сохраняются.

### Литература

1. Абдурасулов А., Рахими А., Шоайдаров Н.Б.// О динамических вязкоупругих свойств некоторых простых моделей асимметричных жидкостей. // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, 2016,-№1/3(200).-С.119-124.

2. Зубарев Д.Н. Неравновесная статистическая термодинамика. М., Наука, 1972, 280 с.
3. Шоайдаров Н.Б. Исследование зависимости динамических вязкоупругих свойств жидкого аммиака от изменения плотности, температуры и частоты. // Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика СНГ: Современное состояние и перспективы развития» посвященной 32-летию независимости Республики Таджикистан и 10-летию филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе, 19 октября 2023 г. -с.149-155.
4. Бретшнайдер С.Г. Свойства газов и жидкостей. // М.: Химия, 1986.-ст 42.
5. Адхамов А.А., Одинаев С., Абдурасулов А.А. Об оптимальном выборе радиальной функции распределения для простых жидкостей.//ДоклАН Тадж.ССР.-1989.-Т.32.-№8.-С.521-524.

**Автор:**

К.ф.-м.н., заведующий лабораторией физика,  
кафедра «Естественных наук», **Шоайдаров Н.Б.**  
Филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе, Республика Таджикистан.  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82.  
телефон: +992 (930) 10 05 71  
E-mail: jasic10@mail.ru

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ ПОРОШКА ДИМЕТИЛКЕТОНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ВОДЫ**

*П.М. Сафаров, Х.А. Зоиров, М.А. Зарифзода*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

*М.М. Саидзода*

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни, Душанбе,  
Таджикистан

В статье приводятся результаты экспериментального исследования динамической вязкости дисцилированной воды при различных температурах (293-433) К, давлениях (0,101-24,03) МПа и концентрации порошка диметилкетона (0-7,5)%. Общая относительная погрешность измерения вязкости при доверительной вероятности 0,95 составляет 2,6%.

**Ключевые слова:** порошок, диметилкетон, вязкость, вискозиметр Освальда, концентрация, вода, температура и давление.

## **EFFECT OF TEMPERATURE, PRESSURE AND CONCENTRATION OF DIMETHYL KETONE POWDER ON THE CHANGE IN WATER VISCOSITY**

*P.M. Safarov, Kh.A. Zoirov, M.A. Zarifzoda*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan



The article presents the results of an experimental study of viscosity at various temperatures (293-433)K, pressures (0,101-24,03)МПа and concentrations powder (0-7,5)% of dimethylketone. The total relative error in measuring viscosity at a confidence level of 0.95 is 2.6%.

**Key words:** powder, dimethylketone, viscosity, viscosity Osvald, concentration, water, temperature and pressure.

### **Введение**

Для обработки большого объема воды, а также систем с небольшим возвратом конденсата применяют деаэрационные установки. Обеспечение надежной и экономичной работы паровых котлов возможно при отсутствии внутренних отложений на поверхностях нагрева и снижении до минимума уровня коррозии конструкционных материалов. Подобные задачи возможно решить путем организации рационального водного режима, который включает в себя необходимую водоподготовку питьевой воды и некоторые определенные конструктивные мероприятия по очистке питательной воды. Снижение эксплуатационных затрат и защита дорогостоящей техники обеспечиваются внедрением автоматизированного комплекса, осуществлением анализа качества воды, управлением дозирующими устройствами, информированием обслуживающего персонала о появившихся неполадках [1]. Для численных расчетов и составления физической модели деаэрационной установки необходимо знать вязкость питательной воды, при различных температурах и давлениях [2].

### **Экспериментальная часть**

Для исследования вязкости питательной воды системы (порошка диметилкетона от (0-7,5%) + дисциллированная воды) в зависимости от температуры (293-433)К и давления (0,101-24,03)МПа использована экспериментальная установка, основанная на методе ламинарного течения жидкости [2]. С помощью этой установки можно измерять вязкости жидкостей и растворов с погрешностью 2,6%.

Для выполнение данной задачи к прибору Голубева И.Ф.. приспособлен, т.е. подключен прижимной сосуд высокого давления и грузопоршневой манометр типа МП-600, класс точности равен 0,001.

### **Результаты исследования и обработка экспериментальных данных**

Результаты исследования вязкости воды при различных температурах и концентрации порошка диметилкетона (заменителя гидразина) показали, что повышение температуры, массовой концентрации диметилкетона приводит к росту вязкости воды. На основе закона соответственного состояния и экспериментальных данных по вязкости электролитов (дисциллированная вода+ порошок диметилкетона) получен ряд аппроксимационных зависимостей [2]. Установлено, что с повышением температуры, концентрации

порошка диметилкетона (заменителя гидразина) и давления вязкость воды растёт по различным закономерностям. На основе экспериментальных данных и закона термодинамического подобия нами получен ряд аппроксимационных выражений, с помощью которого можно численно определить вязкость растворов на основе воды с внедренным порошком диметилкетона (заменителя гидразина).

### **Литература**

1. Манькина, Н.Н. Физико-химические процессы в пароводяном цикле электростанций. М., "Энергия", 1977.- 256с.

2. Гуломов, М.М. Влияние углеродных нанотрубок и нанопорошков кремниевой кислоты на изменение теплофизических, термодинамических и седимен-тационных свойств некоторых жидких углеводородов и их смесей/ Масрур Мирзохонович Гуломов // Дис.....д-ра тех.наук, Душанбе, 2021г. в двух томах (том 1-273стр. и том 2-163стр.).

### **Авторы:**

докторант (PhD) **Сафаров П.М.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10а

Телефон: (+992) 466666669

E-mail: psarviz@mail.ru

к.т.н., начальник ТЭЦ-2 **Зоиров Х.А.**

Душанбинский ТЭЦ-2, г. Душанбе

Телефон: (+992) 91772 47 87

E-mail: zoirov@mail.ru

д.т.н., доцент **Саидзода М.М.**

Таджикский государственный педагогический Университет имени С. Айни

734003, город Душанбе, проспект Рудаки 121

Телефон: (+992) 93 127 06 07

E-mail: masrur@mail.ru

д.т.н., профессор **Зарифзода М.А.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими,

734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10а

Телефон: (+992) 93 18115 85

E-mail: mohira@list.ru

# РЕЛАКСАЦИОННАЯ ДИСПЕРСИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

*И.Т. Оджимаматов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

*Ш. Р. Даминов*

Таджикский технический университет им. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В данной работе были рассмотрены частотные зависимости комплексной диэлектрической проницаемости. При электронной и ионной поляризации имеет место резонансная дисперсия, для которой в некотором интервале частот характерен рост диэлектрической проницаемости. Рассчитаны действительная и мнимая составляющие комплексной диэлектрической проницаемости. Показана релаксационная дисперсия с ростом частоты.

**Ключевые слова:** диэлектрическая проницаемость, релаксация, дисперсия, поляризация, диполь, диэлектрическая потеря.

## RELAXATION DISPERSION OF PERMITTIVITY

*I.T. Ojimatadov*

National Research University "MPEI"

*Sh. R. Daminov*

Tajik Technical University named after M.S. Osimi

In this paper, the frequency dependence of complex permittivity considered. With electron and ion polarization, resonant dispersion occurs, for which an increase in permittivity is characteristic in a certain frequency range. The real and imaginary components of the complex permittivity are calculated. Relaxation dispersion with increasing frequency is demonstrated.

**Keywords:** permittivity, relaxation, dispersion, polarization, dipole, dielectric loss.

Поляризованность диэлектриков зависит от частоты поляризующего поля. Очевидно, что частотной зависимостью должна обладать и диэлектрическая проницаемость. Поскольку переменное электрическое поле можно представить в комплексном виде как  $E(t) = E_m e^{i\omega t}$ , то в комплексном виде представляется и электрическая индукция  $D(t) = D_m e^{i\omega t}$ . При этом амплитуды колебаний  $D$  и  $E$  связаны соотношением  $D_m = \epsilon_0 \epsilon(\omega) E_m$ , вследствие чего диэлектрическая проницаемость  $\epsilon(\omega)$ , характеризующая связь  $D$  и  $E$ , также является комплексной величиной:

$$\epsilon(\omega) = \epsilon'(\omega) + i\epsilon''(\omega) \quad (1)$$

Выражение (1), называемое формулой Дебая, описывает дисперсию (частотную зависимость) комплексной диэлектрической проницаемости при релаксации.

Действительная  $\varepsilon'(\omega)$  и мнимая  $\varepsilon''(\omega)$  составляющие комплексной диэлектрической проницаемости могут быть рассчитаны следующим образом:

$$\varepsilon'(\omega) = \varepsilon \frac{\varepsilon_{ст} - \varepsilon_{омн}}{1 + (\omega\tau)^2} \quad (2)$$

$$\varepsilon''(\omega) = \frac{\omega T(\varepsilon_{ст} - \varepsilon_{омн})}{1 + (\omega\tau)^2} \quad (3)$$

Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты  $\omega$  называют дисперсией диэлектрической проницаемости. При электронной и ионной поляризации имеет место резонансная дисперсия, для которой в некотором интервале частот характерен рост диэлектрической проницаемости. Дисперсию, выражающуюся в монотонном снижении  $\varepsilon$  с ростом частоты, называют релаксационной. Она характерна для дипольного и миграционного механизмов поляризации.

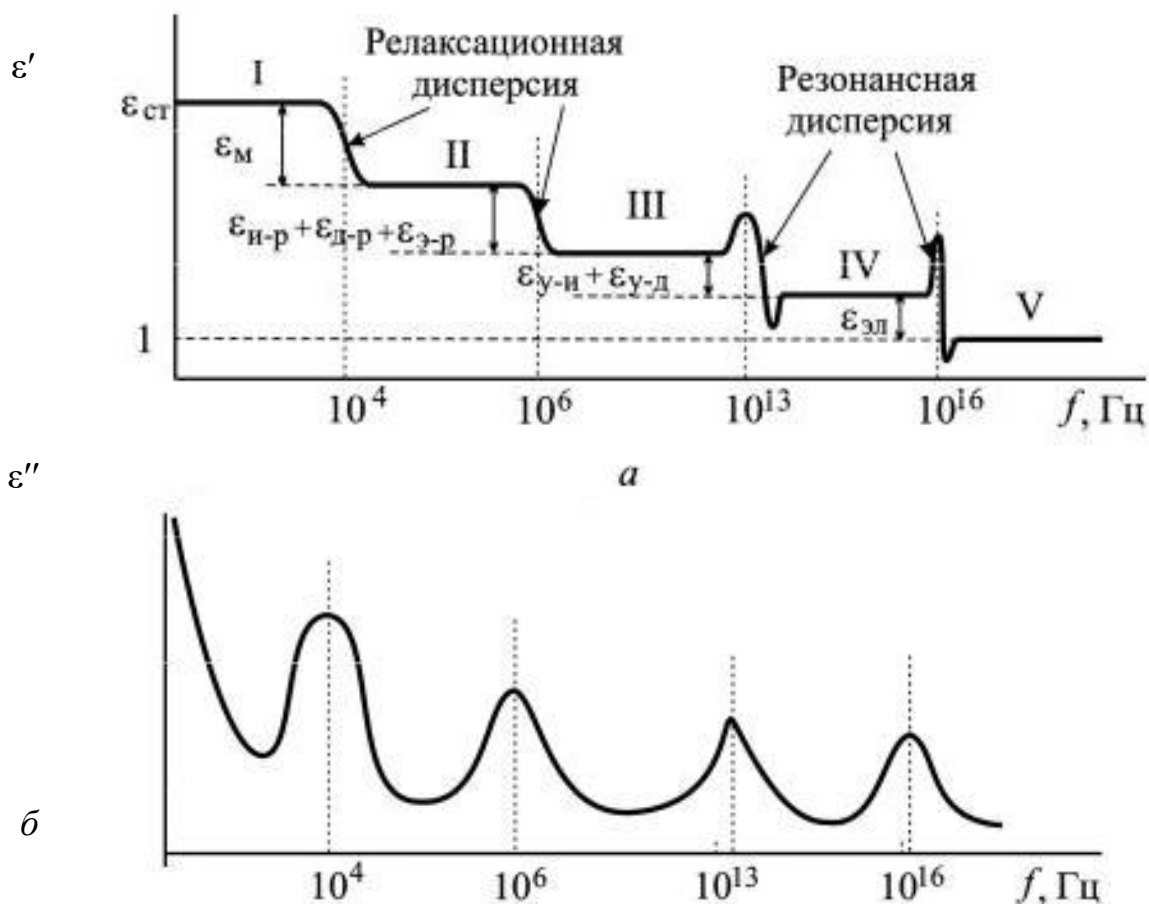


Рис. 1. Качественный характер зависимости действительной  $\varepsilon'$  (а) и мнимой  $\varepsilon''$  (б) части комплексной диэлектрической проницаемости гипотетического диэлектрика (со всеми механизмами поляризации) от частоты

При рассмотрении зависимости величины  $\varepsilon$  от частоты необходимо принять во внимание основные виды поляризации, которые возникают в том

или ином материале, и время их установления. Если период колебаний электрического поля велик по сравнению со временем релаксации  $\tau$  (частота  $\omega$  мала по сравнению с  $1/\tau$ ), то поляризация успевает следовать за полем и поведение диэлектрика в переменном электрическом поле не будет существенно отличаться от его поведения в постоянном поле, а диэлектрическая проницаемость практически не будет зависеть от частоты (т. е.  $\varepsilon = \varepsilon' = \varepsilon_{ст}, \varepsilon'' = 0$ ). На инфранизких частотах ( $f < 100$  Гц) свой вклад в  $\varepsilon$  дают в основном миграционная и высоковольтная поляризация (рис. 1, а, обл. I).

В области низких частот диэлектрическая проницаемость полярных диэлектриков остается постоянной до тех пор, пока время релаксации дипольных молекул остается меньше полупериода электрического поля, так как за это время диполи успевают полностью сориентироваться в направлении поля. При  $\omega \approx 1/\tau$  диэлектрическая проницаемость начинает снижаться, приближаясь к значениям  $\varepsilon$  неполярных диэлектриков. Такой характер дисперсии получил название релаксационной дисперсии (рис. 1, а, обл. II).

По мере роста частоты появляется мнимая (реактивная) составляющая, обусловленная процессами релаксации (ионной и дипольной) при низких частотах и резонанса (атомного и электронного) – при высоких. Мнимая составляющая комплексной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon''$  достигает максимума  $\varepsilon'' = (\varepsilon_{ст} - \varepsilon_{опт}) / 2$  при частоте релаксации (рис. 1, б). Ширина максимума  $\varepsilon''(\omega)$  на половинном уровне составляет несколько больше одного порядка по частоте. В действительности релаксационные потери часто занимают значительно более широкую область спектра. Это объясняется тем, что в реальных диэлектриках имеются диполи с различными значениями  $\tau$ .

На высоких частотах вклад упругих видов поляризации (упругоионных и упругодипольных) практически остается постоянным до частот ИК-диапазона (10<sup>12</sup>–10<sup>14</sup> Гц), пока частота внешнего поля не станет равной собственной частоте колебаний ионов (диполей). Возникающий резонанс ионов сначала приводит к резкому возрастанию их колебаний в поле упругих сил и, следовательно, к возрастанию поляризованности и диэлектрической проницаемости, а затем к их уменьшению, вследствие того, что ионы начинают колебаться в противофазе по отношению к внешнему полю. Такой характер дисперсии получил название резонансной дисперсии (рис. 1, а, обл. III).

При дальнейшем росте частоты, вдали от резонанса, когда время полупериода становится меньше времени релаксации, упругие виды поляризации исчезают, а диэлектрическая проницаемость уменьшается до значений, определяемых электронной поляризацией (рис. 1, а, обл. IV). Дисперсия носит резонансный характер. Значение  $\varepsilon$  на частотах выше 10<sup>14</sup> Гц падает до  $\varepsilon_{опт} = \sqrt{2}$  (рис. 1, а, обл. V). В диэлектриках сложной структуры, при наличии в них нескольких физических механизмов поляризации (например, за счет различных полярных групп молекул или нескольких компонентов смешанного диэлектрика и т. п. с различным временем релаксации), в

зависимости диэлектрической проницаемости от частоты может наблюдаться несколько областей дисперсии.

Диапазоны частот, в которых происходит уменьшение  $\epsilon$  за счет исчезновения одного из видов поляризации, соответствуют проявлению релаксационных и резонансных явлений. Это вызывает усиление рассеяния энергии в диэлектрике и рост диэлектрических потерь.

### **Литература**

1. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями  $\epsilon$  и  $\mu$ , УФН, т.92, вып.3, 1967 – [ufn.ru/ufn67/ufn67\\_7/Russian/r677e.pdf](http://ufn.ru/ufn67/ufn67_7/Russian/r677e.pdf)
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела: Пер. с англ. М.: Наука. 1978.
3. Старовойтов Е.М. Универсальная корреляция между энергией Ферми и работой выхода электронов в металлах – <http://liga-ivanovo.narod.ru/starov.htm>
4. Rhode & Schwarz, "Measurement of Dielectric Material Properties", RAC0607 0019\_1\_5E, Application Notes, April 2012.
5. Agilent Technologies, "Basics of Measuring the Dielectric Properties of Materials", 5989-2589EN, Application Notes, April 2013.
6. Белов Д.В. Электромагнетизм и волновая оптика. М.: Издательство МГУ, 1994
7. Ахадов Я.Ю., Диэлектрические свойства бинарных растворов, изд. Наука (1981).
8. Д. В. Блекман, Р. Д. Поллард, Улучшенный метод измерения диэлектрической проницаемости с помощью коаксиального пробника, IEEE Trans. on Instr. Meas., том. 46, № 5, октябрь 1997 г., сс. 1093-1099
9. Оджимамадов И.Т., Холов А., Даминов Ш.Р., Алидодов Т.М. Влияние среды распространения радиоволн на радиорелейной линии (РРЛ). Материалы IV международной конференции «Современные проблемы физики» Душанбе-2015 с.96-97.

### **Авторы:**

к.ф.-м.н. **Оджимамадов И.Т.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон/факс: 930050092  
E-mail: [imom-i@ru](mailto:imom-i@ru)

Ст.пр **Даминов Ш.Р.**  
ТТУ им. ак. М.С. Осими,  
734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10а  
Телефон/факс:919002575  
E-mail: [d\\_shamshod@mail.ru](mailto:d_shamshod@mail.ru)

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО УГЛЕРОДА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ БЕНЗОЛА

*Ф.А. Сафарова*

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни, Душанбе,  
Таджикистан

*Дж.Ф. Собиров*

Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрава, Бохтар, Таджикистан

*Т.Р. Тиллоева, М.М. Сафаров*

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан

В данной статье приводятся результаты экспериментального исследования теплопроводности системы жидкого бензола и четыреххлористого углерода при различных температурах, давлениях и массовой концентрации второго компонента. Для измерения теплопроводности растворов использована экспериментальная установка, работающая по методу нагретой нити (установка Патент РТ №ТJ 923, 2017) и теоретическая модель Максвелла, профессора Г.Н. Дульнева и Монте-Карло. Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 4,2%.

**Ключевые слова:** жидкий бензол, жидкий четыреххлористый углерод, теплопроводность, модель, концентрация, температура.

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF MASS CONCENTRATION OF CARBON TETRACHLORIDE ON THE CHANGE IN THERMAL CONDUCTIVITY OF BENZENE- BASED SOLUTIONS

*Safarov F.A.*

Tajik State Pedagogical University named after S. Aini, Dushanbe, Tajikistan

*Sobirov J.F.*

Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav, Bokhtar, Tajikistan

*Tilloeva T.R., Safarov M.M.*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan

This article presents the results of a computational and experimental study of the thermal conductivity of benzene at various temperatures, pressures and concentrations of liquid carbon tetrachloride. system), approximation dependences were obtained. To measure the thermal conductivity of electrolyte solutions, an experimental setup according to the heated filament method (№TJ 923, 2017) and the theoretical model of Maxwell and Professor G.N. Dulnev,

Monte-Karlo. The total relative error in measuring thermal conductivity at a confidence level of 0.95 is 4.2%.

**Keywords:** liquid benzene, liquid carbon tetrachloride, thermal conductivity, model, concentration, temperature.

## **Введение**

В работе приводится обзор выполненных исследований, опубликованных до 1976г. по теплопро-водности бензола [1]. Затем следующими учеными теплофизиками было проведено экспериментальное измерение теплопроводности газообразного и жидкого бензола на линии насыщения, которое опубликовано в работах [2-4]. В работах [2-4] диапазон изменения параметров состояния был следующим: [2]-  $p=100\text{МПа}$ ,  $T=(300-673)\text{К}$ ; [3]- $p=0,1\text{МПа}$ ,  $T=(298-348)\text{К}$ ; [4]  $p=(1,6-332)\text{МПа}$ ,  $T=(310-360)\text{К}$ . В работе [5] на основе данных по теплопроводности бензола при различных температурах и атмосферном давлении получены аппроксимационные и корреляционные зависимости.

Для численных расчетов и составления физической и математической моделей и технологического процесса необходимо знать теплофизические свойства растворов в зависимости от температуры и давления [6]. *Жидкий четыреххлористый углерод (тетрахлорметан)* [5] принадлежит к числу жидкостей с наименьшими значениями теплопроводности и с этой точки зрения удобен для градуировки приборов, особенно когда объектами исследования являются фреоны. С четыреххлористым углеродом (тетрахлорметаном) можно работать в диапазоне температур от 250 до 350К без повышения давления [5]. Подобно толуолу четыреххлористый углерод (тетрахлорметан) обладает и другими достоинствами: он не токсичен, не агрессивен, может быть сравнительно легко очищен. Теплопроводность жидкого четырех-хлористого углерода (тетрахлорметана) изучена достаточно хорошо [5]. Эти экспериментальные данные [5] получены методом плоского слоя, коаксиальных цилиндров, сферического слоя, двумя вариантами, методом нагретой проволоки. Теплопроводность жидкого четыреххлористого углерода (тетрахлорметана) в зависимости от температуры и давления представлена в [6]. В данной работе также приведены эмпирические уравнения, которые получены авторами.

## **Экспериментальная часть.**

Для исследования теплопроводности наножидкостей при высоких параметрах состояния нами была разработана и собрана экспериментальная установка, работающая по методу нагретой нити, на что был получен малый патент РТ №ТJ 923 [2]. В предлагаемом нами устройстве (Патент РТ №ТJ 923), подключенном к устройству с изоляцией (МГУ, филиал МГУ г. Душанбе), мы добавили пережимной сосуд и гидравлический нанос, позволяющее измерять теплопроводность растворов под давлением и в зависимости от температуры. Устройство, в основном, состоит из вакуумного насоса, манометра и измерительной ячейки (стеклянная). Ячейка заполняется исследуемой наножидкостью. Для создания и измерения давления наножидкости



экспериментальная установка снабжена пережимным сосудом высокого давления. Общая относительная погрешность измерения теплопроводности наножидкостей этим методом при доверительной вероятности  $\alpha = 0,95$  равна 4,2 %. Достоверность данных по теплопроводности наножидкостей, полученных предлагаемым методом и установкой, была проверена контрольным измерением. В качестве контрольного образца использованы толуол, бензол и воздух. Результаты полученных данных по контрольным образцам в пределах погрешности опыта (до 3%) совпадают с литературными данными (Патент РТ №ТJ 923) [2].

#### **Результаты исследования.**

Результаты исследования теплопроводности смесей системы бензола и четыреххлористого углерода (тетрахлорметана) в зависимости от температуры показали, что повышение массовой концентрации (четырёххлористого углерода) приводит к уменьшению теплопроводности. На основе теории подобия и экспериментальных данных по теплопроводности исследуемых растворов получен ряд аппроксимационных зависимостей. Полученные аппроксимационные зависимости дают возможность рассчитать теплопроводность исследуемых растворов, без необходимости проводить опыты [7].

#### **Литература**

1. Теплопроводность жидкостей и газов. / Н.Б.Варгафтик, Л.П.Филлипов, А. А. Тарзиманов, Е.Е. Тоцкий. М.: Издательство стандартов.1978. - 723 с.
2. Габулов, Д.М. Теплопроводность органических соединений при высоких давлениях. Автореф. дис..... к.т.н., Грозный, 1978.-21с.
3. Kashiwagi, H., Oishi M., Tanaks Y., et. al. // Int. J. Termophysics.- 1982,-vol.3.- №2.- p.101-116.
4. Li, S.F.Y., Maitland G.S., Wakeham W.A. // Int. J. Termophysics.- 1984,-vol.5.- №4.- p.351-365.
5. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов./ Н.Б.Варгафтик, Л.П. Филлипов, А.А. Тарзиманов, Е.Е.Тоцкий, Энергоатомиздат. М.;-1990.- 352с.
6. Palavra, A.M.F., Wakeham W.A., Zalaf M. //Int. J. Termophysics.- 1985,-vol.4.- №5.- p.427-438.
7. Гуломов, М.М. Влияние углеродных нанотрубок и нанопорошков кремниевой кислоты на изменение теплофизических, термодинамических и седиментационных свойств некоторых жидких углеводородов и их смесей/ Масрур Мирзохонович Гуломов// Дис.....д-ра тех.наук., Душанбе ,2021г. в двух томах (том 1-273стр. и том 2-163стр.).

#### **Авторы:**

аспирант **Сафарова Ф.А.**

Таджикский государственный педагогический Университет имени С. Айни  
734003, город Душанбе, проспект Рудаки 121

Телефон: (+992) 7771111481

E-mail:

к.т.н. **Тиллоева Т.Р.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10  
Телефон: (+992) 88888 0284

к.т.н., доцент **Собиров Дж.Ф.**  
Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава  
Телефон: (+992) 939491314  
E-mail: jz-1972 @ mail.ru

д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники РТ **Сафаров М.М.**  
ТГУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10  
Телефон: (+992) 931631585  
E-mail: mahmad1 @ list.ru

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АЭРОЗИНА-50**

*М.Т. Тургунбоев*

Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрава, Бохтар, Таджикистан

*М.М. Сафаров*

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан

*А.С. Назруллозода*

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни, Душанбе,  
Таджикистан

*М.А. Абдуллоев*

Горно-металлургический институт в г. Худжанде, Худжанд, Таджикистан

В статье приводятся результаты экспериментального исследования температуропроводности водных растворов аэрозина-50 при различных температурах (293-473)К, давлениях (0,101-24,03)МПа и концентрации гидразина+1,1диметлгидразина (50+50)%. Общая относительная погрешность измерения температуропроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 3,5%.

**Ключевые слова:** 50% гидразин+50%1,1диметилгидразин, температуропроводность, метод Каллорова, концентрация, температура и давление.

## **INFLUENCE OF TEMPERATURE AND PRESSURE ON THE CHANGE OF THERMAL CONDUCTIVITY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF AEROSIN-50**

*M.T. Turgunboev*

Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav, Bokhtar, Tajikistan

*Safarov M.M.*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan

*A.S. Nazrullozoda*

Tajik State Pedagogical University named after S. Aini, Dushanbe, Tajikistan

The article presents the results of an experimental study of thermal conductivity at various temperatures (293-473)K, pressures (0,101-24,03)МПа and concentrations 50%hydrazine and 50% 1,1.dimetilhydrazine. The total relative error in measuring thermal conductivity at a confidence level of 0.95 is 3.5%.

**Key words:** 50%hydrazine+50% 1,1dimethylhydrazine, thermal conductivity, temperature and pressure.

## **Введение**

Для совершенствования и оптимизации технологических процессов необходимы научно-обоснованные инженерные расчеты, которые нуждаются в информации о теплофизических свойствах рабочих веществ в широкой области параметров состояния. Использование справочных данных о теплофизических свойствах веществ в инженерных расчетах приводит к существенному снижению точности получаемых результатов.

В связи с этим, дальнейшее уточнение теплофизических и вязкостных характеристик рабочих веществ, представляет собой значительный резерв совершенствования технологического процесса в том числе температуро-проводность растворов при различных температурах и давлениях.

Достоверность данных о свойствах веществ и материалов влияет, прежде всего, на качество выпускаемой продукции—например, ракетных топлив.

Водные растворы широко применяются в современной технике в качестве рабочих тел, теплоносителей в химической и нефтеперерабатывающей промышленности, при разработке процессов разделения и селективной очистки, в тепло- и хладотехнике, в процессах химического синтеза, при получении высокооктановых топлив и т.д.

Сведения о теплофизических свойствах (теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость) водных растворов весьма важны для познания и развития представлений о жидком состоянии веществ. Они необходимы для выяснения механизма межмолекулярных взаимодействий и моделей структуры растворов, процессов образования и разрушения молекулярных комплексов. С их помощью можно решить проблемы смешиваемости и растворимости, выяснить изменение степени ассоциации компонентов при смешивании и др.

В последние годы появился ряд новых технологических процессов, протекающих при высоких температурах и давлениях. Вместе с тем, это послужило основанием для совершенствования и интенсификации ранее существующих процессов, применяемых в химической, нефтехимической, топливной и других видах промышленности с крупнотоннажным производством. Однако, современное состояние исследования их теплофизических свойств нельзя считать удовлетворительным. Одним из важных теплофизических свойств растворов являются температуропроводность, которые необходимы для теплового расчета процессов и аппаратов, входят в

критериальные уравнения теплообмена и отражают особенности теплофизических процессов. Как видно из изложенного, исследования термодинамических, калорических и теплофизических свойств в том числе (теплопроводность и температуропроводность) свойств водных растворов азрозина-50 имеют большое практическое значение. Теоретические оценки величины температуропроводности растворов не могут быть сделаны даже приближенно.

**Актуальность данной работы** заключается в том, что для расчета тепло- и массообмена в различных процессах, а также составления уравнений состояния необходимы данные по теплофизическим свойствам исследуемых растворов при различных температурах и давлениях.

Аэрозин ( $50\text{N}_2\text{H}_4 + 50[1,1(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2]$ ) широко используется в различных областях промышленности: в производстве порофоров и полимеров, для защиты от коррозии, в качестве топлива для реактивных двигателей и ракет, в электрохимических генераторах и др.. Смесь 50% гидразина, 50% 1,1-диметилгидразина (так называемый Аэрозин-50) применяется в качестве высокоэффективного топлива для ракет типа «Титан-П»[4]. Водные растворы азрозина и диметилгидразина применяются для каталитического разложения в газогенераторах с целью получения рабочего тела с температурой до  $700^\circ\text{C}$  (азот, водород, аммиак и водяной пар), используемого теплоносителем вторичного контура турбины замкнутого типа (работающей по циклу Ренкина). Несмотря на широкую область применения водных растворов азрозина их температуропроводность изучено недостаточно.

В литературе имеются данные по теплофизическим свойствам водных растворов гидразина при атмосферном давлении при одной температуре, или в лучшем случае в очень узком диапазоне температур.

Теплофизические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина изучены профессором Сафаровым М.М. и его учениками [6,7].

Учитывая вышеизложенное, нами исследована тепло- и температуропроводность, некоторых гидразинзамещенных водных растворов (азрозина и диметилгидразина) при различных температурах и давлениях [1-9].

## Литература

1. Зарипова, М.А. Термодинамические свойства гидразинзамещенных водных растворов / М.А. Зарипова, А.Б. Бадалов, З.В. Кобулиев // Материалы конф. XI Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ. 4-7-октября 2005. - Санкт-Петербург, 2005. Т.1.-С.152-153.
2. Греков, А.П. Физическая химия гидразина / А.П. Греков, В.Я. Веселов // Киев: Наукова думка, 1979. -264 с.
3. Коровин, Н.В. Гидразин / Н.В. Коровин // - М.: Химия, 1980. -272 с.
4. Картавченко, А.В. Разработка каталитического пакета разложения низкотемпературного топлива (типа гидразингидрата) для глубоководного аппарата «Океан»/А.В. Картавченко, В.М. Григорьев, В.А. Дидык // НПО ГИПХ, Инв. 1987. -№ 53 - 87. - 28 с.
5. Одрит, Л. Химия гидразина /Л.Одрит, Б.Огг// Пер. с англ. Е.А. Яковле-вой. - М. ИЛ, 1954. - 238 с.

6. Раджабов, Ф.С. Теплопроводность и плотность водных растворов азо-зина при различных температурах и давления /Ф.С. Раджабов// Дис ... ..канд.ф-м.наук. - Душанбе, 2002. - 149с.

7. Сафаров, М.М. Теплопроводность и плотность водных растворов гидра-зина при высоких параметрах/М.М. Сафаров, М.А. Зарипова // Региональный семинар «Структурно динамические процессы в нупорядоченных средах».- Самарканд, 1992.- С 54.

8. Сафаров, М.М. Экспериментальное исследование теплопроводности гид-разина при высоких параметрах состояния / М.М.Сафаров, М.А. Зарипова // Измерительная техника. 1993. - №4. - С.48 - 49.

9. Safarov M.M. Thermophysical properties of hydrazine substituted aqueous under various temperatures and pressure / M.M. Safarov, M.A. Zaripova, F.S. Rajabov, V.S. Davlatova // 14ECTP, Proceedings. –Lyon. Paris, 1997. -37-42p.

10. Safarov, M.M. Thermophysical properties of hydrazine substituted aqueous solutions under various temperatures and pressure / M.M. Safarov, M.A. Zaripova, F.S. Rajabov, V.S. Davlatova // High Temperature, High Pressure. – Vol. 31.1999. - P.37-42

### **Авторы:**

аспирант **Тургунбоев М.Т.**

Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава

Телефон: (+992) 98 503 2340

E-mail:

д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники РТ **Сафаров М.М.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10

Телефон: (+992) 931631585

E-mail: mahmad1@list.ru

к.т.н., доцент **Назруллозода А.С.**

Таджикский государственный педагогический Университет имени С. Айни

734003, город Душанбе, проспект Рудаки 121

Телефон: (+992) 918 42 91 13

E-mail:

к.т.н., доцент **Абдуллоев М.А.**

Горно-металлургический институт в г. Худжанде, Худжанд, Таджикистан

Телефон: (+992) 926 00 43 96

E-mail:

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДНОГО РАСТВОРА NaCl ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ КРЕМНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

*С.С. Раджабова*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

Статья посвящена экспериментальному исследованию термодинамических параметров трехмерной системы водного раствора NaCl при изменении концентрации кремния в зависимости от температуры. Проведены соответствующие измерения энтальпии и энтропии трехмерной системы водного раствора NaCl при изменении концентрации кремния в интервале температур (288-433) К при атмосферном давлении.

**Ключевые слова:** температура, концентрации NaCl, кремниевые нанотрубки, концентрация, энтальпия, энтропия.

## STUDY OF THERMODYNAMIC PARAMETERS OF A THREE-DIMENSIONAL SYSTEM OF AQUEOUS SOLUTION OF NaCl WITH CHANGING CONCENTRATION OF SILICON DEPENDING ON TEMPERATURE

*S.S. Rajabova*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

The article is devoted to an experimental study of the thermodynamic parameters of a three-dimensional system of an aqueous NaCl solution when the silicon concentration changes depending on temperature. Corresponding measurements of the enthalpy and entropy of a three-dimensional system of an aqueous NaCl solution were carried out when the silicon concentration changed in the temperature range (288-433) K at atmospheric pressure.

**Keywords:** temperature, NaCl concentrations, silicon nanotubes, concentration, enthalpy, entropy.

### **Изменение энтальпии трехмерной системы растворов кремниевых нанотрубок при изменении концентрации NaCl в зависимости от температуры**

Теория тепла является второй наиболее важной областью исследований в науке. Название просто указывает на то, что с теплой и холодом эти состояния тела связаны.

Расчеты изменения энтальпии трехмерной системы кремниевых нанотрубок при изменении концентрации NaCl в зависимости от температуры при атмосферном давлении проводились по формуле (1). Результаты расчета для одного образца представлены в таблице 1.

Изменение энтальпии определяется по формуле (1):

$$\Delta H = \int_{T_0}^T C_p dt, \text{ Дж/кг} \quad (1)$$

Для расчета изменения энтальпии, была использована нижеприведенная формула:

$$\Delta H = C_p(T - T_0), \text{ Дж/кг} \quad (2)$$

здесь,  $C_p$  – удельная теплоемкости в зависимости от температуры, Дж/(кг·К);  $(T-T_0)$  – разница температур, К.

Таблица 1

Изменение энтальпии ( $\Delta H$ , Дж/К) трехмерной системы кремниевых нанотрубок ( $H_2O+NaCl+1,0\%Si$  (фуллерен)) при изменении концентрации NaCl в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Т,К	Концентрация NaCl				
	5	10	12,5	15	24,26
288	-	-	-	-	-
293	20102,5	19477	18737,5	18077,5	17012,5
313	99235	96247,5	93562,5	89862,5	84862,5
333	176764,5	171153	167112	160632	151632
353	252382	243373	239733	228494,5	216866
373	326094	310199	311202	290204	280687
393	307950	382116	382053	348138	343308
413	468037,5	448037,5	450762,5	400762,5	404387,5
423	499270,5	476482,5	482530,5	419485,5	432175,5
433	542923,5	523798	519897,5	473439,5	469089,5

Как видно из таблицы 1, изменение энтальпии двумерных и трехмерных исследуемых материалов увеличивается с ростом температуры, а при постоянной концентрации фуллерена кремния оно уменьшается с увеличением концентрации NaCl.

### **Изменение энтальпии трехмерной системы водного раствора NaCl при изменении концентрации кремния в зависимости от температуры**

Исследования сосредоточены на фазовой диаграмме воды, особенно водных растворов. Использование фазовых диаграмм является важнейшим методом прогнозирования свойств сложных систем с несколькими фазами и составами с использованием данных экспериментального и термодинамического моделирования.

В связи с тем, что растворенные в воде соли повышают температуру жидкой воды, исследование характеристик водно-солевых систем имеет решающее значение.

Для расчета энтальпии в зависимости от температуры были использованы полученные экспериментальные результаты по изобарной удельной теплоемкости исследуемых материалов, результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Изменение энтальпии ( $\Delta H$ , Дж/К) трехмерной системы ( $H_2O+15\%NaCl+Si$  (фуллерен)) при изменении концентрации Si (фуллерена) в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Т,К	Концентрация Si (фуллерен)					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
288	-	-	-	-	-	-
293	17577	18827	18077,5	18328,5	18577,5	18829
313	87362,5	88522,5	89862,5	91115	92365	93612,5
333	156123	158823	160632	162873	165127,5	167362,5
353	221981,5	225277	228494,5	231744,5	235014	238264
373	281749,5	285974	290207	294465,5	298724	303008
393		342846	398138	353356,5	358627,5	363898,5
413		394537,5	400769,5	407837,5	413350	419550
423		412762,5	419485,5	426249	433012,5	439776
433		428852	436102	443352	450515	457794

Из результатов расчетов стало ясно, что изменение энтальпии исследуемого раствора с изменением концентрации кремниевого фуллерена, когда концентрация рассола NaCl постоянна, увеличивается с увеличением температуры и концентрации кремниевого фуллерена.

**Изменение энтропии водных растворов трехмерной системы ( $H_2O+NaCl+Si$  (фуллерен)) при изменении концентрации NaCl в зависимости от температуры при атмосферном давлении**

На основании экспериментальных данных с добавкой кремниевого фуллерена по удельной теплоемкости двумерных и трехмерных исследовательских растворов рассола, было рассчитано изменение энтропии исследуемых материалов по формуле (3), результаты приведены в таблице (3).

Для расчета изменения энтропии исследуемых материалов используется следующая формула:

$$\Delta S = C_p \ln \left( \frac{T}{T_0} \right), \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (3)$$



Таблица 3

Изменение энтропии ( $\Delta S$ , Дж/К) трехмерной системы кремниевых нанотрубок ( $H_2O+NaCl+1,0\%Si$  (фуллерен)) при атмосферном давлении изменении концентрации  $NaCl$  в зависимости от температуры.

Т,К	Концентрация $NaCl$				
	5	10	12,5	15	24,26
288	-	-	-	-	-
293	6473,01	6271,59	6033,48	5820,96	5478,03
313	12777,50	12392,83	12047,11	11570,70	10926,89
333	14054,28	14479,55	14137,65	13589,47	12828,07
353	16206,80	15651,67	15394,55	14672,86	13926,13
373	17045,13	16414,22	16266,71	15169,29	14671,68
393	17638,66	16936,83	16934,04	15430,80	15184,14
413	18077,48	17787,80	17410,25	16007,72	15785,63
423	18140,16	17312,19	17531,94	15241,31	15702,38
433	18556,75	17903,05	17769,74	16181,84	16033,16

### Заключение

Из результатов расчетов видно, что изменение энтропии трехмерной системы ( $H_2O+NaCl+Si$  (фуллерен)) с изменением концентрации рассола, при постоянной концентрации кремниевого фуллерена уменьшается и с повышением температуры увеличивается. При изменении концентрации кремниевого фуллерена от 0,5% до 3% энтропия исследуемого раствора увеличивается.

### Литература

1. Раджабова С.С., Тиллоева Т.Р., Тауров Э.Ш., Сафаров М.М. Исследование термодинамических свойств коллоидных систем. /Материалы Республиканская научно-практическая конференция (с международным участием) “Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ”, посвященной объявлению 2020-2040 годов “Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования” 27-28 ноября 2023.-С.76-79.
2. Harris P. Carbon nanotubes and related structures. Cambridge University Press, 2003.- p.301
3. Tenne R., Margulis L., Genut M., Nodes G. Polyhedral and cylindrical structures of tung-sten desulphite // Nature. 1992. V.360. P.444.
4. Способ получения кремния высокой чистоты / Б.Г. Грибов, К.В. Зиновьев, О.Н. Калашник и др. //Патент РФ №2497753. – 2013. – Бюл. № 31.
5. Ивановский А.Л. Неуглеродные нанотрубки: синтез и моделирование/ А. Л. Ивановский //Успехи химии. - 2002. - Т. 71. - № 3. - С. 203-224.
6. Филиппов В.В., Бормонтов Е. Н. Моделирование атомной структуры и электронных свойств кремниевых нанотрубок. - Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. 2011. № 2.-С.52-57.
7. Раджабова С.С. Влияние кремниевых фуллеренов на изменение теплоемкости электролитов  $NaCl$  в зависимости от температуры при атмосферном давлении./Вестник педагогического университета (Естественные науки).-№1(13).-2002.-С.101-108.ISSN 2707-9996.
8. Rajabova S S, Tillioeva T R, Safarov M M, Zaripova M A/ Effect of silicon fullerenes on changes in the heat capacity of  $NaCl$  electrolytes (SCOPUSE) / GDP-NANO 2021 Journal of

**Автор:**

**Раджабова С.С.**

филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
телефон/факс: (+992) 915 06 99 06  
E-mail: [sayohat77@mail.ru](mailto:sayohat77@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

*М. Гадозода, Х.М. Хафизов*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

В данной статье рассматривается исследование задачи Коши для одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами и его решений в простом и экспоненциальном классе представляются в явных видах.

**Ключевые слова:** дифференциальное уравнение в частных производных четвертого порядка, заданные дифференциальные операторы, в простом и экспоненциальном классе решений, модельные уравнения.

## STUDY OF ONE FOURTH ORDER PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION WITH CONSTANT COEFFICIENTS

*М. Gadozoda, H.M. Khafizov*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan

This article examines the study of the Cauchy problem for a fourth-order partial differential equation with constant coefficients and its solutions in simple and exponential classes are presented in explicit forms.

**Keywords:** a fourth-order partial differential equation, given differential operators, in a simple and exponential class of solutions, model equations.

В настоящей работе рассматривается задача Коши для дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами следующего вида:

$$\left(\frac{\partial^4 u}{\partial t^4}\right)^n = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial^4 u}{\partial x_j^4} + p_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}\right)^n \quad (1)$$

где  $t \geq 0$ ,  $(x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^m$ ;  $m, n \in N$  ( $m, n \geq 2$ );  $p_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) – заданные действительные числа,  $u(x_1, x_2, \dots, x_m)$  – искомая функция.

В статье [1] было доказано, что модельное уравнение с экстремальным свойством эквивалентно операторному уравнению:

$$(Lu)^n = \sum_{j=1}^m (L_j u)^n.$$

Следствием этого уравнения при заданных дифференциальных операторах

$$L = \frac{\partial^4}{\partial t^4}, L_j = \frac{\partial^4}{\partial x_j^4} + p_j \frac{\partial^4}{\partial x_j^4}, (j = \overline{1, m})$$

является уравнение (1).

Наша задача заключается в проведении исследования по решению уравнения (1) в простом и экспоненциальном классе.

Для нахождения частных решений уравнения (1) в простом классе задаётся начальные условия вида:

$$\frac{\partial^{i-1} u}{\partial t^{i-1}}(t_0, x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = u_{0i} \quad (i = \overline{1, 4}) \quad (2)$$

и переопределенных систем дифференциальных уравнений [1-3]

$$\frac{\partial^4 u}{\partial t^4} = C, \quad \frac{\partial^4 u}{\partial x_j^4} + p_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} = C_j \quad (j = \overline{1, m}) \quad (3)$$

В системе уравнений (3)  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) - произвольные вещественные числа, предложение, которые являются решением уравнения согласования:

$$\sum_{j=1}^m C_j^n = C^n. \quad (4)$$

Находим общее решение переопределенной системе (3), которое является общим решением уравнения (1) в простом классе

$$u(t, x_1, x_2, \dots, x_m) = \left[ \frac{u_{01}}{2^m} + \frac{u_{02}}{2^m} (t-t_0) + \frac{u_{03}}{2^{m+1}} (t-t_0)^2 + \frac{u_{04}}{3 \cdot 2^m} (t-t_0)^3 + \right. \\ \left. + \frac{C}{24} (t-t_0)^4 \right] \times \prod_{j=1}^m \left\{ 1 + (x_j - x_{0j}) + \cos \sqrt{p_j} (x_j - x_{0j}) + \sin \sqrt{p_j} (x_j - x_{0j}) + \right. \\ \left. + \frac{C_j}{2p_j} (x_j - x_{0j})^2 \right\} \quad (5)$$

Теперь решения данного уравнения рассмотрим в экспоненциальном классе. Для этого составим вспомогательную переопределённую систему уравнений

$$\frac{\partial^4 u}{\partial t^4} = Cu, \quad \frac{\partial^4 u}{\partial x_j^4} + p_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} = C_j u \quad (j = \overline{1, m}) \quad (6)$$

а) Пусть  $p_j^2 + 4C_j > 0$ . Тогда в таком случае, решение уравнения (1) в экспоненциальном классе, то есть в классе функций, удовлетворяющих системе (6), с учетом (2), представляется в виде:

$$\begin{aligned}
u(t, x_1, x_2, \dots, x_m) = & \{A_0 \exp[-\sqrt[4]{C}(t-t_0)] + B_0 \exp[\sqrt[4]{C}(t-t_0)] + \\
& + D_0 \cos\sqrt[4]{C}(t-t_0) + E_0 \sqrt[4]{C}(t-t_0)\} \times \\
& \times \prod_{j=1}^m \left\{ \exp\left[-\frac{\sqrt{\sqrt{p_j^2 + 4C_j} - p_j}}{\sqrt{2}}(x_j - x_{0j})\right] + \right. \\
& + \exp\left[\frac{\sqrt{\sqrt{p_j^2 + 4C_j} - p_j}}{\sqrt{2}}(x_j - x_{0j})\right] + \cos\left[\frac{\sqrt{\sqrt{p_j^2 + 4C_j} + p_j}}{\sqrt{2}}(x_j - x_{0j})\right] + \\
& \left. + \sin\left[\frac{\sqrt{\sqrt{p_j^2 + 4C_j} + p_j}}{\sqrt{2}}(x_j - x_{0j})\right] \right\} \quad (7)
\end{aligned}$$

где  $A_0, B_0, D_0, E_0$  - произвольные постоянные числа.

Потребуем, чтобы решения вида (7) удовлетворяли условиям (2), откуда легко следует:

$$\begin{cases}
A_0 = \frac{\sqrt[4]{C^3} \cdot u_{01} - \sqrt{C} \cdot u_{02} + \sqrt[4]{C} \cdot u_{03} - u_{04}}{4 \cdot \sqrt[4]{C^3} \cdot 3^m}, \\
B_0 = \frac{\sqrt[4]{C^3} \cdot u_{01} + \sqrt{C} \cdot u_{02} + \sqrt[4]{C} \cdot u_{03} + u_{04}}{4 \cdot \sqrt[4]{C^3} \cdot 3^m}, \\
D_0 = \frac{\sqrt{C} \cdot u_{01} - u_{03}}{2 \cdot \sqrt{C} \cdot 3^m}, \quad E_0 = \frac{\sqrt{C} \cdot u_{02} - u_{04}}{2 \cdot \sqrt[4]{C^3} \cdot 3^m}.
\end{cases} \quad (8)$$

б) Пусть  $p_j^2 + 4C_j = 0$ . Тогда, как и раньше, решение уравнения (1) с учетом начальных условий (2) представляется в виде:

$$\begin{aligned}
u(t, x_1, x_2, \dots, x_m) = & \{A_0 \exp[-\sqrt[4]{C}(t-t_0)] + B_0 \exp[\sqrt[4]{C}(t-t_0)] + \\
& + D_0 \cos\sqrt[4]{C}(t-t_0) + E_0 \sqrt[4]{C}(t-t_0)\} \times \\
& \times \prod_{j=1}^m \left\{ \cos\sqrt{\frac{p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) - \sin\sqrt{\frac{p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right\} \quad (9)
\end{aligned}$$

где  $A_0, B_0, D_0, E_0$  - произвольные постоянные числа.

Предположим, что решения вида (8) должны удовлетворять начальным условиям (2). В этом случае, получим:

$$\begin{cases} A_0 = \frac{\sqrt[4]{C^3} u_{01} - \sqrt{C} u_{02} + \sqrt[4]{C} u_{03} - u_{04}}{4 \cdot \sqrt[4]{C^3}}, \\ B_0 = \frac{\sqrt[4]{C^3} u_{01} + \sqrt{C} u_{02} + \sqrt[4]{C} u_{03} + u_{04}}{4 \cdot \sqrt[4]{C^3}}, \\ D_0 = \frac{\sqrt{C} u_{01} - u_{03}}{2 \cdot \sqrt{C}}, E_0 = \frac{\sqrt{C} u_{02} - u_{04}}{2 \cdot \sqrt[4]{C^3}}. \end{cases} \quad (10)$$

**Теорема.** Пусть  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) – являются решением уравнения согласования (4). Тогда решение уравнения (1), удовлетворяющее начальным условиям (2), в простом классе представляется в виде (5), а в экспоненциальном классе представляется в виде (7), (9), где коэффициенты определяются по формулам (8), (10).

### Литература

1. Юнуси М. Об одном классе модельных уравнений с экстремальным свойством. Вестник национального университета, 2004, серия математика, № 1, с.128-135
2. Гадозода М., Кодиров О.К. Об одном классе дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка, Вестник Национального Университета (серия естественных наук). №,1 (49) Душанбе, 2009г., стр. 49-53.
3. Хафизов Х.М. Представление решений для дифференциальных уравнений в частных производных четвертого порядка. Вестник Таджикского технического университета №4(32), 2015 г.стр.15-17.
4. Гадозода М., Хафизов Х.М., Саидов Ш.А. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка. Материалы международной научной конференции, посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан и 60-летию ученых математиков А. Мухсинова, А.Б. Нозимова, С. Байзаева, Д. Осимовой, К. Тухлиева. Учёные записки. Специальный выпуск, часть I, № 2(29) Ходжент, 2014г., стр. 141-144.
5. Хафизов Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами/ Х. М. Хафизов// Политехнический Вестник. -Душанбе, 2024. -№1(65). С.5-7.

### Авторы:

к.ф.-м.н, доцент **Гадозода М.**

ТТУ им. акад. М.С.Осими.

734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А

Телефон/факс: (+992) 988437175

E-mail: [gadozoda51@mail.ru](mailto:gadozoda51@mail.ru)

к.ф.-м.н, доцент **Хафизов Х.М.**

ТТУ им. акад. М.С.Осими.

734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А

Телефон/факс: (+992) 908883030

E-mail: [hafizov7171@mail.ru](mailto:hafizov7171@mail.ru)

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕКРЕСТКАМИ ДОРОГ

*У.А. Турсунбадалов, Ш.И. Хайдаров, Р.Я. Мамажанов*

Денауский институт предпринимательства и педагогики, Денау, Узбекистан

Современные развивающиеся города Республики Узбекистан, город Денау, в частности, характеризуются ростом уровня автомобилизации населения, тогда как большая капиталоемкость мероприятий по развитию сети улиц и дорог, обуславливает дисбаланс в развитии системы путей сообщения. Возникающая дисбаланс создаёт проблем в дорогах - транспортных заторов. В сложившейся ситуации, особо актуальной является необходимость поиска способов управления транспортными потоками для реализации в автоматизированной системе эффективного управления перекрестками дорог для транспортных средств, позволяющим повысить пропускную способность существующих дорожных сетей городов. За последнее десятилетие, автоматизированное системы для эффективное управление транспортных средств, передвигающихся по дорогам общего пользования, стали все ближе к реальности. Такой тема всегда вызывает интерес среди исследовательских центров автомобилей. Именно на этот тема мы хотим ответить посредством данного исследования. Очевидно, что цель состоит в том, чтобы обеспечить эффективное и безопасное управление перекрестком, позволяя максимально сократить заторы на городах, время в пути, выбросы и расход топлива. Чтобы получить представление о ценности с точки зрения экономии задержек используя из специализированного видеодетектора транспорта, дорожного контроллера светофоров для контроля перекрестков.

**Ключевые слова:** Автоматизированная система эффективное управление перекрестками (АСЭУП) управление перекрестками, алгоритмизация, светофорных объектов, интеллектуального маршрутизации, оптимизации, АУП.

## AUTOMATED SYSTEM EFFECTIVE MANAGEMENT OF ROAD INTERRECTIONS

*Tursunbadalov U.A., Haydarov Sh.I., Mamajanov R.Y.*

Denau Institute of Entrepreneurship and Pedagogy, Denau, Uzbekistan

Modern cities of the developing Republic Uzbekistan, the city of Denau in particular, are characterized by an increase in the level of motorization of the population, while high capital intensity measures to develop a network of streets and roads, causes an imbalance in the development of the communication system. The resulting imbalance creates problems on the roads - traffic congestion. In the current situation, the need to find ways to manage traffic flows to implement in an automated system the effective management of road intersections for vehicles, which allows increasing the capacity of existing city road networks, is particularly relevant. Over the past decade, automated systems for the efficient management of vehicles traveling on public roads have become closer to reality. This topic always generates interest among automotive research centers. This is the topic we want to answer through this study. Clearly, the goal is to ensure efficient and safe intersection management while minimizing urban congestion, travel times, emissions and fuel consumption as much as possible. To get an idea of the value in

terms of delay savings using a specialized video vehicle detector, a road traffic light controller for intersection control.

**Key words:** Automated system for effective management of intersections intersection management, algorithmizing, traffic light objects, intelligent routing, optimization.

Алгоритмизация проводится для различных значений общего спроса и коэффициентов спроса, чтобы понять влияние изменения минимального времени зеленого сигнала на сигнал проникновения автомобилей[2]. Однако без этой технологии необходимо минимальное время «зеленого» использования. Результаты моделирования показывают, что минимальное время зеленого увеличивает задержку только для сценариев низкого и сбалансированного спроса[1,2].

Таким образом, эффективность использования автомобилей с автономным управлением транспортными средствами можно увидеть только на перекрестках с такой структурой спроса, что может привести к снижению задержек до 25-40%.

В этой работе, мы анализируем решения для взаимодействия транспортных средств, особенно в контексте городской мобильности. Транспортным потокам придется работать вместе, чтобы снизить скорость движения на подходе к перекрестку, избегая перечереда и сокращая время пересечения[1,4,8]. Не правильное управление транспортным потоком на перекрестках, приводит к снижению пропускной способности на подходах, особенно при большом количестве транспортных средств.

Актуальность задачи распознавания количеством транспортных потоков обусловлена повышением уровня безопасности на дорогах общего пользования. В настоящее время для решения задачи распознавания разрабатываются и используются коммерческие закрытые системы, которые поставляются «в комплекте» с автомобилем.

Задачи распознавания объектов могут решаться при разработках в абсолютно разных областях современного мира. Они могут иметь также и различные уровни сложности и точности. Для решения задач распознавания объектов на изображении применяются различные алгоритмы [7,8].

Проект предлагаемой системы, показывающий интеграцию трех подсистем.

Первый подсистема: Видеоанализ, Второй подсистема: Автоматизированное обследование, Третий подсистема: Моделирование.

**57 29** В работе, анализ видео и результаты запросов дают основные данные, необходимые для «Блок моделирования» (Подсистема 3). Модуль моделирования позволял экспериментировать с различными сценарии синхронизации сигнала, которые изменяли поток транспортных средств и скорость изменения синхронизации сигнала. Затем сценарии сравнивались с результатами доступного времени сигнала. Чтобы уменьшить заторы за счет достижения оптимальной синхронизации сигнала предлагаемая система может использовать два подхода, т.е. твои компьютерные алгоритмы для получения оптимального времени сигнала или экспертные знания местного

трафика условиях (например, пик/непиковое время). поток использования, поведение водителя и состав транспортных средств). С этими подходов, различные комбинации времен сигналов могут быть изучены в моделировании и наилучших Результаты могут быть применены для уменьшения заторов. После того, как блок моделирования выдает оптимальный сигнал время, которое уменьшает заторы и увеличивает скорость транспортного средства на перекрестке, время сигнала параметры могут быть отправлены в систему управления светофором. Тогда реальные изменения в дорожном движении и скорость на перекрестке можно наблюдать.

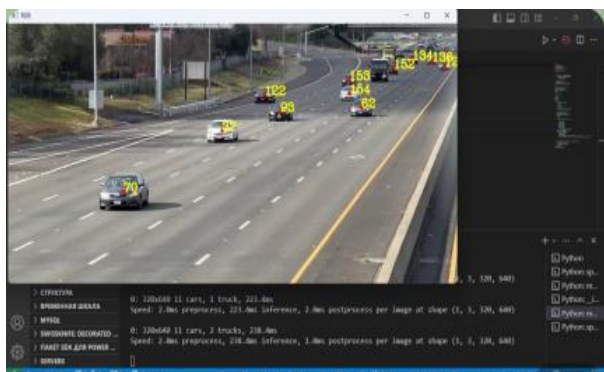


Рис. 1. Идентификация количеством транспортных потоков

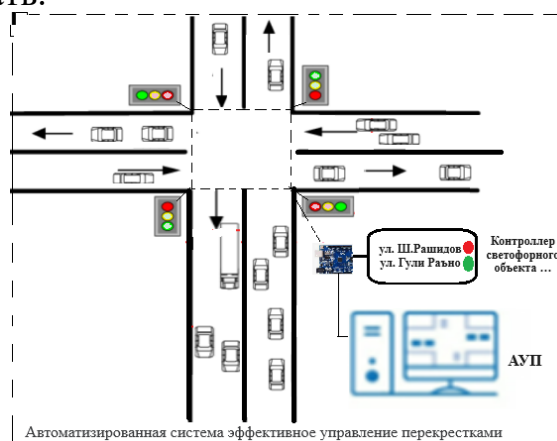


Рис. 2. Дорожного контроллера светофорных объектов

Можно использовать для интеллектуальной маршрутизации транспортных средств на основе ограничений выбросов, установленных в соответствии с реальным движением транспорта и погодными условиями в соответствующих районах. Использование этого вида связи также может быть использовано для оптимизации выбора маршрутизации по различным параметрам, таким как, например, уменьшение заторов на дорогах и облегчение пешеходных переходов. Кроме того, возможность совместной работы на больших расстояниях позволяет нам ограничить резкие изменения скорости с последующим снижением расхода топлива, выбросов CO<sub>2</sub> и износа транспортных средств. Наша работа сосредоточена на управлении взаимодействием транспортных средств вблизи перекрестка (50–100 м).

Дреснер и Стоун в [3,4] представляют подход, основанный на резервировании управления перекрестками. Предлагаемая система основана на координации перекрестка за счет наличия АУП (Автономное управление перекрестками). Политика бронирования основана на системе первым пришел, первым обслужен. В некоторых ситуациях эта система оказывается не очень эффективной.

В нашем исследовании используется система «эффективное управление перекрестками» имеет гибкую архитектуру и может строиться на базе уже установленного на перекрестке оборудования. К примеру, в дополнение к светофорам и контроллеру можно установить отдельно видео детекторы или комплекс фото и видео фиксации ПДД. Оборудование видео детектирования транспорта имеет высокую степень интеграции и может взаимодействовать



практически с любыми производителями контроллеров светофорных объектов [1,2,3,5].

Система будет сравниваться с различными современными системами, в разных условиях и на разных типах перекрестков. Мы увидим, как предлагаемая система минимизирует изменения параметров задействованных транспортных средств и становится более эффективной с точки зрения уменьшения заторов, расхода, выбросов, износа и времени пересечения.

### **Описание системы**

Для эффективной работы сети светофорных объектов необходимы точные данные о присутствии и объеме транспортных средств в реальном времени.

Видеокамера устанавливается на определенной высоте. Далее, сигнал от нее поступает в модуль обработки видеoinформации. Затем в данном модуле происходит выделение подвижных транспортных средств и определение различных интегральных оценок.

После этого, на основе этих показаний, центральный сервер дает команду контроллерам светофоров включить красный или зеленый свет и на какое время.

Основные задачи система эффективное управление перекрестками:

- ✓ обеспечить как можно больше зеленого света существующему трафику;
- ✓ распределить зеленый свет как можно справедливее по пересекающимся направлениям движения;
- ✓ уменьшить заторы на дорогах и время в пути;
- ✓ поддерживать бесперебойное движение транспорта через перекресток;
- ✓ повысить безопасность дорожного движения.

Наблюдение транспортных средств у перекрёстков в основе алгоритмов управления светофорными объектами считаются зон обнаружения на перекрестке. Длинных зон обнаружения на перекрестке до 30 метров помогает сократить время задержка зеленого света светофора до минимума, предотвращая преждевременное прерывание из-за медленного трафика и позволяет немедленно прервать фазу, когда последний автомобиль проезжает линию перекресток [3,4,5].

Подсчет множества транспортных средств, которые проезжают линию перекресток нужен не только для анализа транспортных потоков, моделирования, регулировки разрывов, координационной балансировки, но и для построения адаптивных систем управления способных реагировать на изменения интенсивности дорожного движения[1,2,4,5].

Исходя из проведение разных тесты и испытания можно сказать, что точность пересечение наблюдается при использовании максимально узких зон на полосах от 0,6 до 0,80 метра.

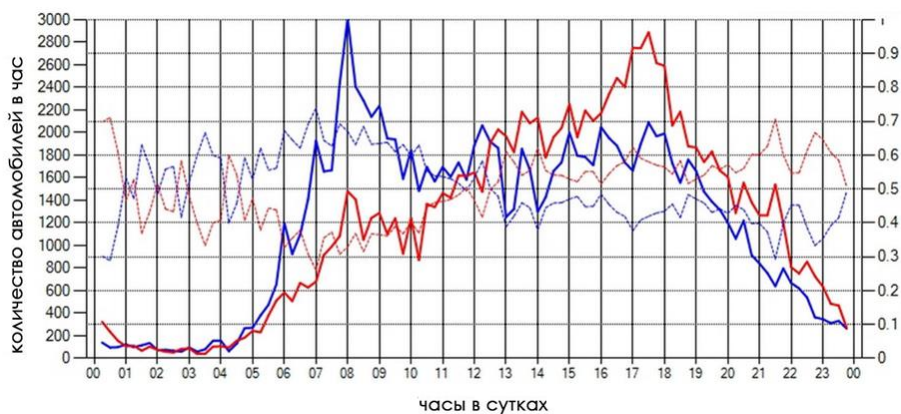


Рис. 3. Тесты и испытания, пересечение при использовании максимально узких зон

Повороты влево на перекрестках обычно признаются движениями с наибольшим риском. Уменьшение этих рисков достигается путем реализации защищенных сигналов левого поворота. Это дает левому транспортному средству право въезжать на перекресток без конфликта с водителями и пешеходами.

При использовании защищенной/разрешающей фазы поворота влево используются две зоны обнаружения в левой полосе. Для короткой зоны используется фильтр по времени с задержкой в 2-3 секунды (т.е. канал сработает только, если автомобиль будет находиться в зоне дольше заданного времени), так что вызов создается только тогда, когда очередь в левой полосе поворота расширится до места расположения зоны.

### Выводы

Автоматизированные измерения эффективности работы светофорных объектов и системы управления дорожным движением в целом. Анализ прибытия на красную, желтую и зеленую фазы светофора помогает скорректировать планы координации. Анализ объема трафика на подходах помогает выбрать оптимальное время для проведения вспомогательных работ.

Грамотное использование всех возможностей автоматизированная система эффективное управление перекрестками дорог в целом позволит уменьшить следующие проблемы на перекрестках и повысить эффективность системы управления дорожным движением:

- ✓ Увеличение пропускной способности перекрестка в среднем на 25%
- ✓ Сокращение аварий на перекрестке в среднем на 35%.

### Литература

1. Basilio Filocamo, Javier Alonso Ruiz, Miguel Angel Sotelo, 31 December 2019. Efficient Management of Road Intersections for Automated Vehicles—The FRFP System Applied to the Various Types of Intersections and Roundabouts. *Intelligent Transportation Systems: Beyond Intelligent Vehicles*, Pages 121-131.
2. Ilgin Guler, Monica Menendez, Linus Meier, September 2014. Using connected vehicle technology to improve the efficiency of intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Pages 121-131.
3. Dresner, K.; Stone, P. Multiagent traffic management: A reservation-based intersection control mechanism. In *Proceedings of the Third International Joint Conference on*

Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2004), New York, NY, USA, 19–23 July 2004.

4. Dresner, K.; Stone, P. A Multiagent Approach to Autonomous Intersection Management. *J. Artif. Intell. Res.* 2008, 31, 591–656.

5. Fayazi, S.A.; Vahidi, A. Mixed-Integer Linear Programming for Optimal Scheduling of Autonomous Vehicle Intersection Crossing. *IEEE Trans. Intell. Veh.* 2018, 3, 287–299.

6. Fayazi, S.A.; Vahidi, A.; Luckow, A. Optimal Scheduling of Autonomous Vehicle Arrivals at Intelligent Intersections via MILP. In *Proceedings of the 2017 IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Seattle, WA, USA, 24–26 May 2017.

7. Р. Я. Мамажанов, Хайдаров Ш. И. - Создания Web Приложения И Распознавания Ограничения Скорости дорожных знаков. Апрель 2022.

8. Хайдаров Ш. (2023). Формирование базы данных предупреждений о дорожных знаках с использованием алгоритма распознавания объектов. *Предпринимательства и педагогика*, 5(1), 103-112.

9. Мамажанов, Р. Я., & Хайдаров, Ш.И. (2022). Разработка методов и алгоритмов для распознавание дорожных знаков. *Central asian journal of mathematical theory and computer sciences*, 3(10), 50-57.

10. Турсунбадалов У.А., О.О. Евсютин Применение фильтра Калмана в задачах технической диагностики двигателей внутреннего сгорания (ДВС) /Вестник Южно-Уральский государственный университет. Серия: Компьютерные технологии, управление и радиоэлектроник. -2019. -Т. 19. - № 1. - С. 152–159.

### **Авторы:**

**к.т.н. Турсунбадалов У.А.**

Денауский институт предпринимательства и педагогики  
100007, Узбекистан, Ташкент, проспект Мирзо Улугбека, 30  
E-mail: demu820@gmail.com

**докторант PhD Хайдаров Ш.И.**

Денауский институт предпринимательства и педагогики  
100007, Узбекистан, Ташкент, проспект Мирзо Улугбека, 30  
E-mail: sheralixaydarov19920318@gmail.com

**Мамажанов Р.Я.**

Денауский институт предпринимательства и педагогики  
100007, Узбекистан, Ташкент, проспект Мирзо Улугбека, 30  
E-mail:

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

*Э.Ш. Тауров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

*М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева*

Таджикский Технический Университет им. акад. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

Статья посвящена экспериментальное исследование теплопроводности медно-цинковых катализаторов при атмосферном давлении, изменении температуры опыта и концентрации составных компонентов. Проведены соответствующие измерения данных параметров медно-цинковых катализаторов с отличий друг от друга концентрацией составных компонентов в интервале температур (298-673) К.

**Ключевые слова:** теплопроводность, температура, удельная теплопроводность, концентрация, плотность, медно-цинковые катализаторы

## RESEARCH HEAT CONDUCTIVITY OF COPPER-ZINC CATALYSTS WITH CHANGING TEMPERATURE AND CONCENTRATION OF COMPONENTS

*E.Sh. Taurov*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

*Tilloeva T.R., Safarov M.M.*

Tajik Technical University named after ak. M.S. Osami, Dushanbe, Tajikistan

The article is devoted to an experimental study of the heat conductivity of copper-zinc catalysts at atmospheric pressure, changing the temperature of the experiment and the concentration of the constituent components. Corresponding measurements of these parameters of copper-zinc catalysts with differences from each other in the concentration of constituent components were carried out in the temperature range (298-673) K.

**Key words:** heat conductivity, temperature, specific heat conductivity, concentration, density, copper-zinc catalysts.

Теоретические аспекты теплопроводности в условиях нестационарного теплового потока, послужили основы для разработки и создания нестационарных методик по изучению теплофизических характеристик широкого круга материалов и веществ в самых различных их агрегатных состояниях. Предлагаемые методики, в свою очередь, подразделяют на две категории – методы начальной стадии и регулярного теплового режима (первого, второго рода и т.д.) Самым применяемым среди этих методов считается метод регулярного теплового режима первого рода, диапазон рабочей температуры

которых составляет от 20°C и выше, а монотонный метод применяют в тех случаях, когда опыт требует его проведения в условиях от минус 160 и до 400°C. Опираясь на надежность, оперативность и достоверность данных методов, для исследования теплопроводности нами была использована экспериментальная установка, описанная выше. представленное устройство было разработано Платуновым Е.С. и его учениками, нами же она была доработана и модернизирована с учетом специфических характеристик исследуемых образцов (таблица 1 и рисунок 1).

Таблица 1

Экспериментальные значения теплопроводности ( $\lambda$ , Вт/(м·К)) медно-цинковых катализаторов (монолит) в зависимости от температуры и концентрации составных компонентов

n,% T,K	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
323	83	106	138	174	217	257	293	330	362
348	104	123	154	188	223	259	296	335	377
373	117	134	167	206	244	281	319	358	385
398	125	144	180	219	255	294	328	360	394
423	133	153	189	224	263	300	338	377	402
448	138	158	192	229	268	306	347	388	408
473	146	166	204	242	283	322	360	399	415
498	151	171	209	246	281	322	360	396	423
523	156	174	210	249	286	321	358	397	428
548	157	170	208	245	284	321	360	398	430
573	152	166	204	244	281	317	355	394	424
598	149	163	201	238	275	314	352	389	418
623	144	159	198	237	276	314	351	389	411
648	139	154	190	227	263	297	333	366	393
673	133	149	185	221	253	288	322	353	374

Образец №1-(10%Cu+90%Zn); Образец №2-(20%Cu+80%Zn); Образец №3-(30%Cu + 70%Zn); Образец №4-(40%Cu+60%Zn); Образец №5-(50%Cu +50%Zn); Образец №6-(60%Cu+40%Zn); Образец №7-(70%Cu+30%Zn); Образец №8-(80%Cu+20% Zn); Образец №9-(90%Cu+10%Zn).

Экспериментальные значения теплопроводности медно-цинковых катализаторов, представленные в таблице 1 и на рисунке 1 соответственно, свидетельствуют о том, что теплопроводность образцов по мере роста температуры до 548К вначале увеличивается в среднем на ~23,8%, а затем от температуры 548К и до температуры 673К в среднем уменьшается на ~11,5%. С ростом концентрации второго компонента (Zn) в составе образцов при температуре 673К приводит к уменьшению их коэффициента теплопроводности на ~35,4%.

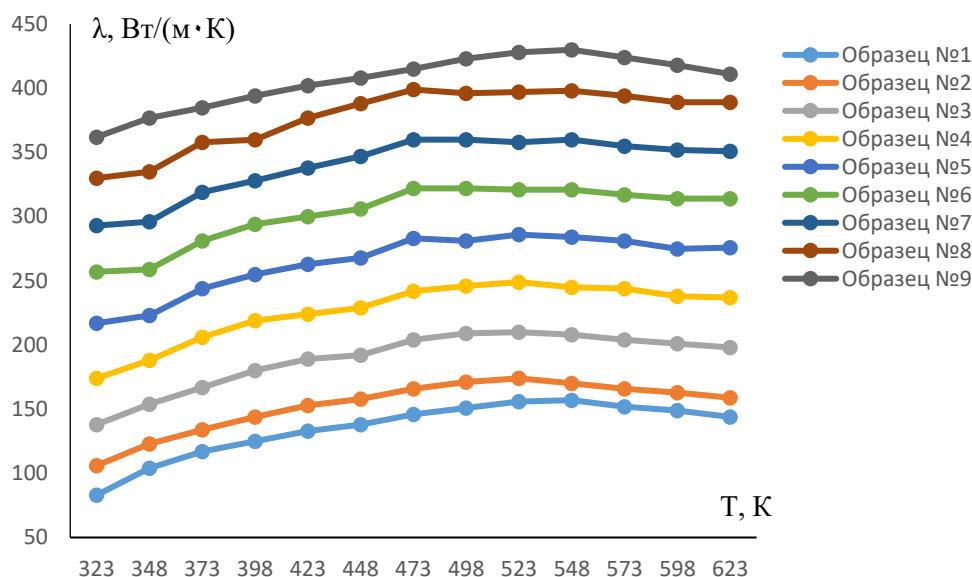


Рисунок 1. Зависимость теплопроводности медно-цинковых катализаторов (монолит) от температуры, и концентрации составных компонентов. Образец №1-(10%Cu+90%Zn); Образец №2-(20%Cu+80% Zn); Образец №3-(30%Cu +70%Zn); Образец №4-(40%Cu+60%Zn); Образец №5-(50%Cu+50%Zn); Образец №6-(60%Cu+40%Zn); Образец №7-(70% Cu+30%Zn); Образец №8-(80% Cu+20%Zn); Образец №9-(90%Cu+10%Zn)

Данное поведение материала, по нашему предположению, можно рассудить следующим образом. Как правило, с увеличением плотности материала коэффициент теплопроводности растет. Он зависит от структуры материала, его пористости, влажности. Наличие пространства между частицами в рассматриваемых нами образцах (стружка) позволяет рассматривать систему как неоднородную, в результате чего она не рассматривается как сплошная. В связи с этим к подобным телам применение закона Фурье является лишь условным и коэффициент теплопроводности порошкообразных и пористых материалов в большей степени зависит от их плотности. Подобное поведение изучаемых нами образцов объясняется тем, что с увеличением температуры опыта возможно «сближение» частиц, которое приводит и к увеличению плотности до определенного момента, за счет чего уменьшается количество воздуха в пространствах между этими частицами, у которого, в свою очередь, коэффициент теплопроводности значительно меньше, чем у твердой фазы. Затем дальнейшее повышение температуры способствует появлению тепловых неоднородностей в опытных образцах, которое только увеличивает рассеивание электронов и соответственно приводит к уменьшению теплопроводности, поскольку теплопроводность металлов не сводится к теплопроводности решетки (ее вклад очень мал), а практически полностью осуществляется за счет электронного газа.

## Литература

1. Тауров Э.Ш. Теплофизические свойства никель-алюминиевых свойства и медно-цинковых катализаторов в зависимости от температуры: Дисс.кандидата техн. наук.– Душанбе, 2021.– 74 с.
2. ГОСТ 8.381-80 (СтСЭВ 403-76) ГСИ. Эталоны. Государственная система обеспечения единства измерений. Способы выражения погрешностей.- М.: Изд-во стандартов, 1980.-9 с
3. Исмагилов, З.Р. Механизм гетерогенно-гомогенных реакций полного окисления на твердых катализаторах // Катализ и катализаторы: Фунда-ментальные исследования института катализа им. Г.К. Борескова / Под ред Р.А. Буянова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. С. 27-29.
4. Matros, Yu.Sh. Catalytic process under unsteady – state conditions // Elsevier. 1989.p. 369-376.
5. 10. Matros, Yu.Sh., Noskov A.S., Chumachenko V.A. Progress in reverse-process application to catalytic incineration problems // Chem. Eng. Sci. 1993. V. 32. P. 89-98.

## Авторы:

д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Таджикистана **Сафаров**

**М.М.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10  
Телефон: (+992) 931631585  
E-mail: mahmad1@list.ru

к.т.н. **Тауров Э.Ш.**

филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон: (+992) 919 99 33 23  
E-mail: taurov79@mail.ru

к.т.н. **Тиллоева Т.Р.**

ТТУ им. ак. М.С. Осими, 734025, город Душанбе, ул. ак. Раджабовых, 10  
Телефон: (+992) 88888 0284  
E-mail:

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НИКЕЛЬ-АЛЮМИНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

*Э.Ш. Тауров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

Статья посвящена исследованию теплопроводности никель-алюминиевых катализаторов при атмосферном давлении, изменении температуры опыта и концентрации составных компонентов. Проведены соответствующие измерения данных параметров никель-алюминиевых катализаторов с отличием друг от друга концентрацией составных компонентов в интервале температур (298-673) К при атмосферном давлении.

**Ключевые слова:** теплопроводность, температура, удельная теплопроводность, концентрация, плотность, никель-алюминиевые катализаторы

## RESEARCH HEAT CONDUCTIVITY OF NICKEL-ALUMINUM CATALYSTS WITH CHANGING TEMPERATURE AND CONCENTRATION OF CONSTITUENT COMPONENTS

*E.Sh. Taurov*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

The article is devoted to an experimental study of the heat conductivity of nickel-aluminum catalysts at atmospheric pressure, changing the temperature of the experiment and the concentration of the constituent components. corresponding measurements of these parameters of nickel-aluminum catalysts with differences from each other in the concentration of constituent components were carried out in the temperature range (298-673) k at atmospheric pressure.

**Keywords:** heat conductivity, temperature, specific heat conductivity, concentration, density, nickel-aluminum catalysts.

Теоретические аспекты теплопроводности в условиях нестационарного теплового потока, послужили основы для разработки и создания нестационарных методик по изучению теплофизических характеристик широкого круга материалов и веществ в самых различных их агрегатных состояниях. Предлагаемые методики, в свою очередь, подразделяют на две категории – методы начальной стадии и регулярного теплового режима (первого, второго рода и т.д). Самым применяемым среди этих методов считается метод регулярного теплового режима первого рода, диапазон рабочей температуры которых составляет от 20°C и выше, а монотонный метод применяют в тех случаях, когда опыт требует его проведения в условиях от минус 160 и до 400°C. Опираясь на надежность, оперативность и достоверность данных методов, для исследования теплопроводности нами была использована экспериментальная установка, разработанная Платуновым Е.С. и его



учениками, нами же она была доработана и модернизирована с учетом специфических характеристик исследуемых образцов.

Таблица 1

Экспериментальные значения теплопроводности ( $\lambda$ , Вт/(м·К)) никель-алюминиевых катализаторов (монолит) в зависимости от температуры и концентрации составных компонентов.

n,% T,K	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
298	214,2	200,4	189,7	177,8	165,6	151,2	135,3	120,6	105,1
323	215,5	209,9	186,9	176,3	159,3	143,6	134,9	120,8	103,8
373	217,7	208,3	196,3	174,6	157,9	142,6	129,5	114,4	99,4
398	216,8	203,6	182,4	171,9	156,4	140,7	128,6	111,7	95,7
423	215,4	198,8	176,6	163,3	149,9	136,9	117,9	108,7	92,1
473	214,0	196,8	174,3	158,9	145,8	131,3	114,9	103,5	90,6
498	213,1	194,9	173,9	154,4	141,4	128,5	113,3	100,2	88,5
523	211,3	189,8	171,9	152,9	140,7	127,7	112,9	98,6	86,7
573	209,5	188,4	170,7	150,7	138,9	126,9	111,4	97,9	83,0
598	207,6	187,4	168,4	148,9	137,5	124,7	110,7	96,3	79,9
623	206,1	185,9	166,5	146,4	136,3	122,7	108,3	94,6	81,6
648	204,3	184,4	164,9	143,6	134,6	120,6	107,3	91,4	83,7
673	203,6	182,9	161,9	140,7	131,5	118,8	106,6	90,9	85,5

Образец №1-(10%Ni+90%Al); Образец №2-(20%Ni+80%Al); Образец №3-(30%Ni + 70 %Al);  
Образец №4-(40%Ni+60%Al); Образец №5-(50%Ni+ 50%Al); Образец №6-(60% Ni+40%Al);  
Образец №7-(70%Ni+30%Al); Образец №8-(80%Ni+20%Al); Образец №9-(90%Ni+10%Al).

Таблица 2

Экспериментальные значения теплопроводности ( $\lambda \cdot 10^3$ , Вт/(м·К)) никель-алюминиевых катализаторов (стружка) в зависимости от температуры и концентрации составных компонентов.

n,% T,K	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
293	156,2	146,6	138,7	129,8	121,9	111,4	98,9	88,0	76,8
313	156,5	148,5	140,3	129,0	120,3	109,3	97,0	87,5	75,0
333	159,0	151,3	142,5	128,5	118,6	107,0	96,8	87,0	74,9
353	161,6	152,7	144,2	127,5	117,0	105,9	96,0	85,7	74,0
373	158,2	152,0	143,3	126,3	115,5	104,1	94,5	85,0	72,6
393	157,9	150,3	136,7	125,8	118,4	102,4	92,3	84,2	71,8
413	152,4	146,7	132,9	122,6	110,6	101,0	89,4	80,8	68,9
433	150,6	145,0	128,5	120,0	109,3	99,3	87,1	80,0	67,0
453	149,8	144,7	127,4	117,5	107,4	98,0	86,0	78,0	65,0
473	149,5	143,8	127,0	115,0	106,0	96,5	84,9	75,5	64,5
493	149,0	142,4	126,9	112,7	103,2	93,8	82,6	73,1	64,0

Образец №1-(10%Ni+90%Al); Образец №2-(20%Ni+80%Al); Образец №3-(30%Ni + 70 %Al);  
Образец №4-(40%Ni+60%Al); Образец №5-(50%Ni+ 50%Al); Образец №6-(60% Ni+40%Al);  
Образец №7-(70%Ni+30%Al); Образец №8-(80%Ni+20%Al); Образец №9-(90%Ni+10%Al).

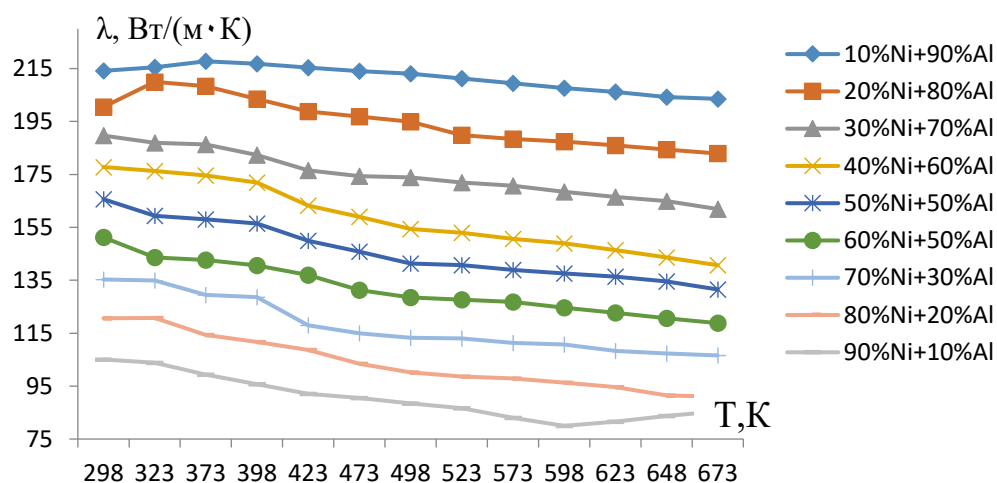


Рис. 1. Зависимость теплопроводности никель-алюминиевых катализаторов (монолит) от температуры, и концентрации составных компонентов при атмосферном давлении

Образец №1-(10%Ni+90%Al); Образец №2-(20%Ni+80%Al); Образец №3-(30%Ni+70%Al);  
 Образец №4-(40%Ni+60%Al); Образец №5-(50%Ni+50%Al); Образец №6-(60%Ni+40%Al);  
 Образец №7-(70%Ni + 30%Al); Образец №8-(80%Ni+20%Al);  
 Образец №9-(90%Ni+10%Al).

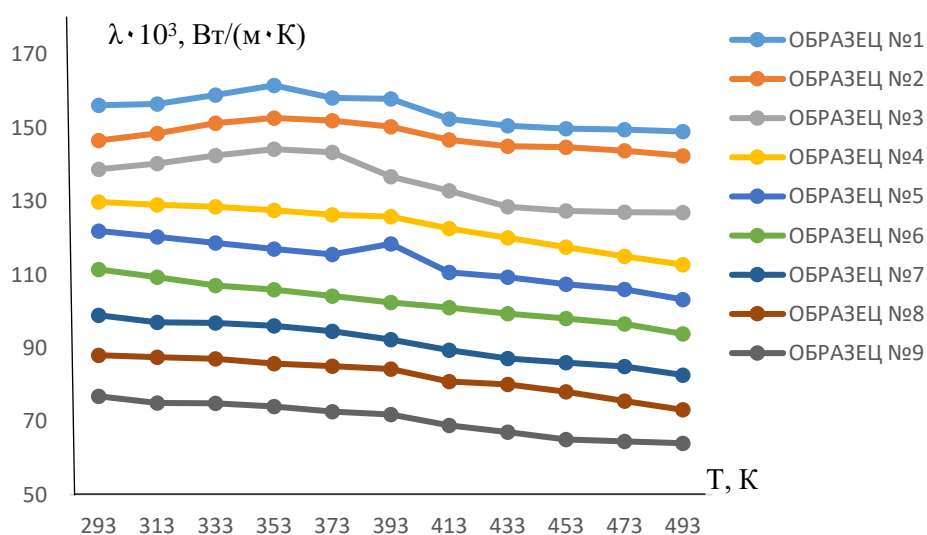


Рис. 2. Зависимость теплопроводности никель-алюминиевых катализаторов (стружка) от температуры, и концентрации составных компонентов при атмосферном давлении

Образец №1-(10%Ni+90%Al); Образец №2-(20%Ni+80%Al); Образец №3-(30%Ni+70%Al);  
 Образец №4-(40%Ni+60%Al); Образец №5-(50%Ni+50%Al); Образец №6-(60%Ni+40%Al);  
 Образец №7-(70%Ni + 30%Al); Образец №8-(80%Ni+20%Al); Образец №9-(90%Ni+10%Al).

Как известно, коэффициент теплопроводности для различных веществ и материалов имеет разные значения, на которое влияют его физические характеристики, температура, давление, влажность, структура и т.д. Перенос энергии, которой обладают атомы и молекулы, от горячего к холодному телу, протекает в результате беспорядочного движения частиц. Подобного рода теплообмен зависит и от агрегатного состояния материала, через который осуществляется передача. Передача или сохранение такой энергии

способствует применению качеств материалов в решении технических задач в работе различных узлов и оборудования, применяемых в народном хозяйстве.

### **Заключение**

По результатам, представленным в таблице 1 и рисунке 1, видно, что теплопроводность катализаторов в силу повышения температуры уменьшается в среднем на ~16,2%, а с увеличением концентрации второго компонента (Al) от 10 до 90% при температуре 673К теплопроводность рассматриваемого образца увеличивается ~58%. Это связано с тем, что теплопроводность алюминия значительно больше в отношении никеля и чем больше его концентрация в образце, тем больше теплопроводность образца в целом.

### **Литература**

1. Тауров Э.Ш. Теплофизические свойства никель-алюминиевых свойства и медно-цинковых катализаторов в зависимости от температуры: Дисс.кандидата техн. наук.– Душанбе, 2021.– 74 с.
2. ГОСТ 8.381-80 (СтСЭВ 403-76) ГСИ. Эталоны. Государственная система обеспечения единства измерений. Способы выражения погрешностей.- М.: Изд-во стандартов, 1980.-9 с
3. Исмагилов З.Р. Механизм гетерогенно-гомогенных реакций полного окисления на твердых катализаторах // Катализ и катализаторы: Фунда-ментальные исследования института катализа им. Г.К. Борескова / Под ред Р.А. Буянова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. С. 27-29.
4. Matros Yu.Sh., Noskov A.S., Chumachenko V.A. Progress in reverse-process application to catalytic incineration problems // Chem. Eng. Sci. 1993. V. 32. P. 89-98.
5. Курин Н. Исследование активности сульфидных цинк-медных метанольных катализаторов. // Н. Курин, Н. Танцов / Известия Томского ор-дена трудового красного знамени индустриального института имени С.М. Кирова, Том.Ш, 1941, С. 59.
6. Теплофизические свойства алюминия различной степени чистоты и сплавов системы Al-Si/ Дисс. канд. наук. Душанбе-2019, 116 с.
7. Лифшиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов [Текст]/ Б.Г. Лифшиц, В.С. Крапошин, Я.Л. Линецкий. –М.: Металлургия, 1980. -320с.

### **Автор:**

к.т.н. **Тауров Э.Ш.**

филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,

734002, г. Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82

Телефон: (+992) 919 99 33 23

E-mail: taurov79@mail.ru

# НАГРУЖЕННАЯ ОДНОРОДНАЯ ЗАДАЧА СОПРЯЖЕНИЯ В СИНГУЛЯРНОМ СЛУЧАЕ ДЛЯ ОБОБЩЁННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

*Н.У. Усмонов, Б.Б. Саидов, М.У. Шадманов*

Таджикский государственный финансово - экономический университет, Душанбе,  
Таджикистан

Статья посвящена исследованию решение нагруженной однородной задачей сопряжения в сингулярном случае для обобщённых аналитических функций.

**Ключевые слова:** нагруженная однородная задача, сопряжение, сингулярное случае, обобщённая аналитическая функция.

## LOADED HOMOGENEOUS CONJUGATION PROBLEM IN THE SINGULAR CASE FOR GENERALIZED ANALYTICAL FUNCTIONS

*N.U. Usmonov, B.B. Saidov, M.U. Shadmanov*

Tajik State University of Finance and Economics, Dushanbe, Tajikistan

The article is devoted to the study of the solution of the loaded homogeneous conjugation problem in the singular case for generalized analytic functions.

**Keywords:** loaded homogeneous problem, conjugation, singular case, generalized analytic function.

Для уравнения  $\frac{\partial W}{\partial z} = A\overline{W(z)}$  рассмотрим однородную задачу Римана с нагруженной в сингулярном случае.

$$W^+(t) = \frac{\prod_{k=1}^N (t - \alpha_k)^{p_k}}{\prod_{j=1}^M (t - \beta_j)^{p_j}} G_1(t) W^-(t) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k \quad (1)$$

Положим в (1)

$$W^-(z) = \prod_{j=1}^M (z - \beta_j)^{p_j} \cdot z^{-p_j} W_1^-(z). \quad (2)$$

Из (1) и (2) будем иметь:

$$W^+(z) = \prod_{k=1}^M (z - \alpha_k)^{p_k} G_1(t) t^{-p_j} W_1^-(t) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k \quad (3)$$

Построим интерполяционный многочлен  $T(t)$ , так чтобы он удовлетворял условию:

$$C^{(l)}(\alpha_k) = T^{(l)}(\alpha_k) \quad (\alpha_k = 1, 2, \dots, n, \quad l = 0, 1, 2, \dots, p_k) \quad (4)$$

Учитывая (4), перепишем краевое условие в следующем виде:

$$W^+(t) - T(t) = \prod_{k=1}^N (t - \alpha_k)^{p_j} G_1(t) \cdot t^{-p_j} W_1^-(t) + \prod_{k=1}^N (t - \alpha_k)^{p_j} G_1(t) \quad (5)$$

ИЛИ

$$\frac{W^+(t)-T(t)}{\prod_{j=1}^M(t-\alpha_k)^{p_j}}=G_1(t)t^{-p_j}W_1^-(t)+G_1(t)$$

$$W^+(t)=G_1(t)t^{-p_j}W_1^-(t)+G_1(t), \quad (6)$$

где

$$W_1^+(t)=\frac{W^+(t)-T(t)}{\prod_{k=1}^N(t-\alpha_k)^{p_j}}$$

$$W_1^+(t)=G_2(t)W_1^-(t)+G_1(t) \quad (7)$$

Для решения задачи (7) применим обычный метод решения задачи Римана, основанный на понятиях индекса и канонической функций.

Каноническая функция  $\chi(z)$  удовлетворяет краевому условию

$$\chi^+(t)=G_2(t)\chi^-(t)$$

и нигде не обращается в нуль в конечной плоскости, включая контур:

$$L, \chi^\pm(t) \neq 0$$

Исключая из (6), коэффициента  $G_2(t)$  будем иметь:

$$\frac{W_1^+(t)}{\chi^+(t)} - \frac{W_1^-(t)}{\chi^-(t)} = \frac{G_1(t)}{\chi^+(t)} \quad (8)$$

Решение задачи (7), может быть в следующем виде:

$$W(z)=\chi(z)\left[\sum_{k=1}^n \alpha_k W_k(z)+V_p(z)\right], \quad (9)$$

где

$$W_k(z)=\frac{1}{2\pi i} \int_L \omega_1(z,\tau) \frac{\theta_k(\tau)}{\chi^+(\tau)} d\tau - \frac{1}{2\pi i} \int_L \omega_2(z,\tau) \frac{\overline{\theta_k(t)}}{\chi^+(t)} d\tau$$

$$V_p = \sum_{k=0}^{2\omega+1} A_k V_k(z) - \text{аналог многочлена.} \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{aligned} V_{2k}(z) &= z^k \left[ 1 + \int_{D^-} \int_{z_k \chi} \Gamma_1(z, \zeta) d\xi d\eta + \int_{D^-} \int_{z_k \chi} \Gamma_2(z, \xi) d\xi d\varphi \right] \\ V_{2k+1}(z) &= iz^k \left[ 1 + \int_{D^-} \int_{iz_k \chi} \Gamma_1(z, \zeta) d\xi d\eta + \int_{D^-} \int_{iz_k \chi} \Gamma_2(z, \zeta) d\xi d\eta \right] \end{aligned} \right.$$

$\omega_1, \omega_2$  - определённые функции, а  $\Gamma_1, \Gamma_2$  - резольвента уравнений

$$\frac{dV}{\partial z} = \pm A(z) \frac{z^k \chi(z)}{z^k \chi(z)} \bar{V}.$$

Итак, имеет место следующая теорема:

**Теорема.** Все решения нагруженной задачи Римана для однородная аналитическая функция имеющие формулой (9), где  $W_k(z)$  и  $V_k(z)$  задаются соответственно формулами.

Исходя из общей формул (9), проведем анализ решений, исчезающих на бесконечности. На бесконечности функция  $\chi(z)$  имеет порядок  $(-\infty)$ , а структура  $V_p(z)$  аналитична структуре многочлена, и его слагаемые  $V_{2k}, V_{2k+1}(z)$  имеют порядок  $z^k, iz^k$ .

1) Случай  $\alpha > 0$ . В этом случае функция  $\chi(z)$  на бесконечности имеет нуль порядка  $\alpha$ .

$$V_p(z) = \sum_{k=0}^{z-1} A_k V_k(z)$$

и решение задачи в этом случае будет

$$W(z) = \chi(z) \left[ \sum_{k=1}^n \alpha_k W_k(z) + V_{p_{k-1}}(z) \right] = \chi(z) \left[ \sum_{k=1}^n \alpha_k W_k(z) + \sum_{k=1} A_k V_k(z) \right].$$

Таким образом, нагруженная однородная задача имеет  $2\alpha + n$  вещественных или  $\alpha + n$  комплексных линейно независимых решений.

2) Случай  $\alpha = 0, V(z) = 0$ . Единственное решение даётся формулой  $W_a(z) \cdot \chi(z)$ .

3) Случай  $\alpha < 0$ . В этом случае  $\chi(z)$  не обращается в нуль на бесконечности и имеет полюс порядка  $-\alpha$  а  $V_p(z) = 0$ . Первое слагаемое

$W(z) = \sum_{k=1}^n \alpha_k W_k(z)$  как обобщенной интеграл типа Коши имеет на бесконечности в общем случае нуль первого порядка. Значит  $\chi(z)W_k(z)$  имеет на бесконечности полюс первого порядка. Для существования решений необходимо и достаточно, чтобы  $W(z)$  имел нуль порядка  $|\alpha|$ .

### Литература

1. Векуа И.Н. Обобщённые аналитические функции. Москва, 1959. 632с.
2. Михайлов Л.Г. Новый класс особых интегральных уравнений и его применение к дифференциальным уравнения с сингулярными коэффициентами. Душанбе 1963. 184с.
3. Михайлов Л.Г., Усмонов Н. Сингулярные краевые задачи сопряжения. ДАН России 2002. Т. 387 № 5 с. 309 –313.

### Авторы:

д.ф-м.н., профессор кафедры «Высшая математика» **Усмонов Н.У.**  
Таджикский государственный финансово - экономический университет  
734067, ул. Нахимова, 64/14, Душанбе, Таджикистан  
Телефон: +992981051814  
E-mail: [n.usmanov@tgfeu.tj](mailto:n.usmanov@tgfeu.tj)

к.ф-м.н., доцент, зав. кафедры «Высшая математика» **Шадманов М.У.**  
Таджикский государственный финансово - экономический университет  
734067, ул. Нахимова, 64/14, Душанбе, Таджикистан  
Телефон: +992777071865  
E-mail: [mirali.shadmanov.64@mail.ru](mailto:mirali.shadmanov.64@mail.ru)

к.ф-м.н., доцент кафедры «Высшая математика» **Саидов Б.Б.**  
Таджикский государственный финансово - экономический университет  
734067, ул. Нахимова, 64/14, Душанбе, Таджикистан  
Телефон: +992987075405  
E-mail: [b.saidov@tgfeu.tj](mailto:b.saidov@tgfeu.tj)

## СЕКЦИЯ 6. ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

### МЭИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ: ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

*М.И. Смирнова, Л.Н. Демидионова, Н.Д. Ермишина*  
Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

В годы Великой Отечественной войны энергетика имела решающее значение в укреплении и развитии военно-промышленного потенциала СССР. С началом военных действий было разрушено энергетическое хозяйство на временно оккупированных территориях европейской части страны. Началось форсированное строительство новых энергетических объектов в восточных регионах. Резкий рост потребления электроэнергии потребовал новых мощностей и новых кадров. Московский энергетический институт являлся базовым вузом по подготовке инженеров энергетиков в годы Великой Отечественной войны. К 1945 г. общая численность студентов МЭИ насчитывала почти пять тысяч человек.

**Ключевые слова:** Советская энергетика, Великая Отечественная война, Московский энергетический институт.

### MPEI DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR: TRAINING OF PERSONEL FOR POWER ENGINEERING

*M.I. Smirnova, L.N. Demidionova, N.D. Yermishina*  
National Research University "MPEI", Moscow, Russia

During the Great Patriotic War, power engineering was of decisive importance in strengthening and developing the military-industrial potential of the USSR. With the beginning of military actions, the energy sector in the temporarily occupied territories of the European part of the country was destroyed. Accelerated construction of new energy facilities began in the eastern regions. A sharp increase in electricity consumption required new capacities and new personnel. The Moscow Power Engineering Institute was the basic higher education institution for training power engineers during the Great Patriotic War. By 1945, the total number of MPEI students was almost five thousand people..

**Keywords:** soviet power engineering, Great Patriotic War, Moscow Power Engineering Institute.

#### **1. Положение в области энергетики в первые месяцы войны**

В 1941-1942 гг. на оккупированных противником территориях Украины, Белоруссии, Прибалтийских республик и ряда западных районов РСФСР были практически полностью разрушены 60 крупных электростанций. Оборудование некоторых электростанций удалось частично демонтировать и отправить в восточные регионы страны. Мощность электростанций СССР к концу 1941 г. сократилась почти вдвое и составила 6645 тыс. кВт.ч. [1].

Перед советской энергетикой встала задача возмещения утраченных мощностей и введение в эксплуатацию новых энергетических объектов. О

важности проблемы свидетельствует тот факт, что за годы войны Государственный комитет обороны (ГКО) принял более 300 постановлений и решений, касавшихся энергетической политики. Остро встал кадровый вопрос, хотя еще в июле 1941 г. ГКО принял постановление, что сотрудники электростанций освобождаются от мобилизации. Но многие квалифицированные инженеры были уже призваны на фронт или ушли добровольцами.

В годы первых пятилеток Московский энергетический институт был ведущим вузом по подготовке инженеров энергетических специальностей: с 1930 г. по 1940 г. дипломы МЭИ получили 5289 инженеров.

В первые месяцы Великой Отечественной войны более тысячи преподавателей, сотрудников и студентов МЭИ ушли добровольцами на фронт, в народное ополчение вступили многие профессора, доценты и аспиранты института. Ученые МЭИ оказывали квалифицированную помощь заводам и фабрикам в переводе их на выпуск оборонной продукции. Учебно-экспериментальные лаборатории и мастерские были перестроены в производственные предприятия военного профиля, выпускавшие корпуса мин и снарядов. Преподаватели и сотрудники МЭИ собирали денежные средства для оказания помощи Красной Армии, участвовали в донорском движении.

Для обеспечения учебных занятий была сформирована особая группа сотрудников института в количестве 48 человек: это были все деканы и их заместители, заведующие кафедрами и ведущие ученые. Они сыграли основную роль в подготовке и организации работы института в первом военном учебном году.

Из-за продолжавшегося наступления гитлеровских войск прием в институт был уменьшен. На первый курс были зачислены только подавшие заявления отличники средних школ. В сентябре начались учебные занятия. Однако, сроки обучения были сокращены. К тому же студенты принимали активное участие в строительстве оборонительных сооружений, работали на промышленных предприятиях. Например, студенты электротехнического факультета трудились на заводах Москабель, Динамо, имени Войтовича, Электроламповом и других [2.С.112-113].

## **2. Работа МЭИ в Москве и в эвакуации**

В середине октября 1941г. правительство приняло решение об эвакуации МЭИ – сначала в Свердловск, затем в Алма-Ату. Окончательно институт обосновался в г. Лениногорск (железнодорожная станция Риддер) Восточно-Казахстанской области. Директором МЭИ в Лениногорске был назначен профессор Г.Н. Петров.

В первых числах декабря 1941г. в Лениногорске начались занятия на трех факультетах: электроэнергетическом, теплотехническом, электротехническом. 31 января 1942г. состоялся первый в эвакуации выпуск молодых специалистов. 83 инженера-энергетика получили дипломы об окончании МЭИ. Основная масса выпускников была направлена на работу в Алтайэнерго [3.С.24].



Осенью 1942г. в Лениногорске был проведен прием на первый курс всех факультетов. В 1942/43 учебном году в Лениногорском отделении МЭИ занималось 589 студентов. Среди поступивших значительный процент составляли выпускники школ Лениногорска и сел Восточно-Казахстанской области [4]. Занятия проводились в две смены, сроки обучения были сокращены. Производственную практику студенты проходили на Ульбинской ГЭС.

В феврале 1942 г., после разгрома гитлеровских войск под Москвой, возобновились занятия на двух факультетах МЭИ в Москве: на электротехническом и энергетическом. Они были сформированы из преподавателей и студентов, оставшихся в Москве. Московское отделение МЭИ работало как филиал. Его директором был назначен Н.Г. Фомичев. В 1942/43 учебном году на московских факультетах занималось 753 студента.

В январе 1943 г. в Москву из Лениногорска вернулись все факультеты МЭИ. Для скорейшего прибытия в столицу был организован специальный поезд. МЭИ был первым институтом, который получил приказ вернуться в Москву из эвакуации. Это говорит о важности увеличения подготовки кадров в области энергетики. Было привезено оборудование лабораторий, хозяйственное имущество, библиотека. В суровых военных условиях предстояло создать единый институт, организовать учебный процесс, реорганизовать факультеты, возобновить работу всех лабораторий и подразделений. В МЭИ в этот период насчитывалось 1500 студентов, 220 преподавателей, 229 сотрудников [5].

На базе единого института были организованы 4 факультета: электроэнергетический, теплотехнический, электромеханический и электрофизический. В связи с требованиями военного времени были открыты новые специальности и специализации: кафедра релейной защиты и автоматизации энергетических систем, специализация по радиолокации. Растущие потребности тыла в электроэнергетике, необходимость восстановления энергетических объектов на освобожденных от врага территориях требовали от руководства страны принятия специальных мер по увеличению выпуска специалистов для энергетики. Перед вузами страны стояла задача в кратчайшие сроки не только восстановить довоенный уровень подготовки инженеров-энергетиков, но и превзойти его.

1943/1944 учебный год стал судьбоносным для МЭИ. 9 января 1943г. ГКО принял Постановление №2731 «О материально-техническом обеспечении предприятий Наркомата электростанций на первый квартал 1943 г. и о плане капитального ремонта действующего энергооборудования электростанций», которое определяло статус МЭИ как вуза, имеющего важное оборонное значение. В этом постановлении была поставлена задача увеличить численность студентов к осени 1943г. до 3 тыс. человек, а для этого провести дополнительный прием студентов на старшие курсы, переводя их из других вузов. План осеннего набора на первый курс был определен в 1200 студентов. Всем студентам и профессорско-преподавательскому составу МЭИ предоставлялась отсрочка по призыву в Красную Армию. Студенты получали

3-х разовое питание, всем успевающим студентам выплачивали стипендию, а отличникам - повышенную. Институту выделялись значительные средства для строительства всего комплекса зданий по Красноказарменной улице, закупки нового оборудования и материалов. Были приняты меры для улучшения жилищно-бытовых условий профессорско-преподавательского состава, вспомогательного состава и студентов. Постановление предписывало передать институту 10 из 12 корпусов Лефортовского студгородка [6].

Эти меры позволили подготовиться к осеннему набору 1943г., который количественно превысил все предвоенные: было принято (и восстановлено) 2804 человека, из них участников войны – 90 человек. В выполнении Постановления ГКО огромную роль сыграла директор МЭИ В.А. Голубцова, которая была назначена на эту должность летом 1943г. К 1945 г. общая численность студентов МЭИ составила 4808 человек.

Ускоренное развитие МЭИ в 1943-1945гг. во многом объясняется тем, что большинство других энергетических вузов страны оказались в зоне немецкой оккупации или в зоне военных действий, и не могли обеспечить страну необходимым количеством специалистов в области энергетики.

### **Заключение**

Коллектив МЭИ принял самое активное участие в восстановлении электростанций и энергетических объектов на освобожденных территориях - Днепрогэса, Киевской, Одесской, Харьковской, Новороссийской, Сталинградской и многих других электростанций. Около тысячи студентов участвовали в монтаже электрооборудования на предприятиях Донбасса.

В годы Великой Отечественной войны МЭИ был одним из лидеров в решении задач совершенствования высшего технического образования и комплексных научных проблем в области энергетики. 6 июня 1945 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР за большой вклад в восстановление и развитие энергетики страны 20 сотрудников МЭИ были награждены орденами и медалями.

### **Литература**

1. Музей энергетики. Электронный ресурс: <https://energymuseum.ru/history/1941/1941–1953>. (дата обращения: 02.12.2024).
2. Великий подвиг. Вузы Москвы в годы Великой Отечественной войны. Том 3. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
3. МЭИ: путешествие в историю. Книга 1. 1930-1955гг. Под общей редакцией Н.Д. Рогалева. М.: Издательство МЭИ. 2015.
4. Юбилейное издание «МЭИ (1930-1980)». М.: Издательство «Энергия», 1980.
5. Московский энергетический институт за 50 лет советской власти. М.: Издательство МЭИ, 1967.
6. ФГБУ библиотека им. Б.Н. Ельцина Электронный ресурс: <https://www.prilib.ru/item/1979120?ysclid=m4e69iwjym782573714> (дата обращения: 01.12.2024)

**Авторы:**

д.и.н., профессор **Смирнова М. И.**,  
НИУ «МЭИ»  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14  
Телефон/факс: 8 (495) 362-74-23  
E-mail: [SmirnovaMI@mpei.ru](mailto:SmirnovaMI@mpei.ru)

**Демидионова Л. Н.**,  
НИУ «МЭИ»  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14  
Телефон/факс: 8 (495) 362-74-23  
E-mail: [DemidionovaLN@mpei.ru](mailto:DemidionovaLN@mpei.ru)

к.и.н., доцент **Ермишина Н. Д.**,  
НИУ «МЭИ»  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14  
Телефон/факс: 8 (495) 362-74-23  
E-mail: [YermishinaND@mpei.ru](mailto:YermishinaND@mpei.ru)

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В  
МУЛЬТИКУЛЬТУРНОМ АКАДЕМИЧЕСКОМ  
СООБЩЕСТВЕ**

*Т.Ф. Извекова*

Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия

В статье анализируются культурные, психологические и социальные аспекты национальной ментальности, а также значимость культурной компетентности преподавателей для обеспечения эффективности подготовки профессиональных кадров. Исследование является теоретической основой для разработки педагогических технологий, используемых, в первую очередь, в университетах. Учитывая национальную ментальность обучающихся возможно создание уникальных образовательных программ, позволяющих делать подготовку специалистов разных областей более эффективной и целевой.

Ключевые слова: национальная ментальность, подготовка профессиональных кадров, поликультурная среда, педагогика в поликультурной среде.

**THEORETICAL ASPECT OF PEDAGOGICAL PROCESS  
ORGANIZATION IN A MULTICULTURAL ACADEMIC  
COMMUNITY**

*T.F. Izvekova*

*Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia*

The article analyzes cultural, psychological and social aspects of national mentality, as well as the significance of cultural competence of teachers to ensure the effectiveness of training professional staff. The study is a theoretical basis for the development of pedagogical technologies used primarily in universities. Taking into account the national mentality of students, it is possible to create unique educational programs that allow making the training of specialists in different fields more effective and targeted.

**Keywords:** national mentality, training of professional staff, multicultural environment, pedagogy in multicultural environment.

**Цель исследования:** выявление влияния национальной ментальности на образовательный процесс в сфере получения профессиональной квалификации с учетом исторического контекста и современных тенденций развития педагогики. **Актуальность данного исследования** обусловлена современными тенденциями развития педагогики, где эффективность образовательного процесса сопряжена с дальнейшей траекторией эволюции личности и специалиста.

Для достижения вышеуказанной цели необходимо решить следующие задачи:

- проследить связь ментальности и образовательных технологий в краткой исторической перспективе с позиций межкультурной коммуникации и культурологии;

- определить влияние социокультурных и социо-экономических факторов на формирование ментальных моделей, касающихся образования.

**Материалом для исследования** является информация об особенностях национальных ментальных картинах мира и системах образования в диахронном аспекте.

Историко-ретроспективный метод исследования позволил проанализировать эволюцию подходов к построению образовательных моделей в классических системах образования. Эмпирико-теоретический метод исследования, включающий общетеоретические методы аналогии, абстрагирования, дедукции и индукции придали исследованию целостность и обоснованность.

Ментальность, как совокупность психологических и культурных особенностей определенной группы людей, играет важную роль в формировании и функционировании образовательного процесса.

Познавательная деятельность лежит в основе любого процесса, направленного на изучение нового. По словам Н. Бердяева «всякий акт познания предполагает познающего субъекта» [Бердяев, 2008, с.1008], именно подобная антропоцентристская направленность должна являться базовой для понимания построения педагогической деятельности.

На сегодняшний день ментальность является одним из важнейших факторов, определяющим когнитивные предикторы в образовательном процессе [Извекова, Гузаевская, 2023, с. 268-274]. Ментальность не следует рассматривать как исключительно соответствие некоторым этническо-культурным стереотипам, важны также социально-экономические условия,

политические идеологии и религиозные убеждения. Например, в странах, где образование построено в традиционалистском ключе, например, в Японии, Китае, обучающиеся подвержены колоссальному стрессу, в силу давления общества, ожидающего от них высоких результатов обучения. Взаимосвязи языка и познавательной деятельности были посвящены множество исследований [Леви-Брюль, 1930, с. 365]. Подобные образовательные траектории способствуют самоорганизации, воспитанию чувства ответственности, но, вместе с тем, отсутствие постоянного коллектива несет в себе психологические проблемы.

Таким образом, современное общество, с его образовательными институтами, нуждается в разработке специальных программ для инклюзии, интеграции и адаптации представителей разных ментальностей. Эта тема требует разработки и информационной поддержки, так как социальная миграция возрастает год от года.

Миграция с целью образования началась давно; на протяжении веков молодые люди разного социального положения и достатка искали возможности получения образования за рубежом по разным причинам: для повышения своей профессиональной ценности, для трудоустройства и лучшей жизни за рубежом, для получения качественного образования.

Понимание роли ментальности в когнитивной деятельности является одним из ключевых моментов развития современной педагогики. Ментальность представляет собой реальную множественность индивидуальных сознаний, творящих интересубъективную картину мира [Руднева, Тюпа, 2009, с. 276].

Особое внимание стоит уделить методам, применяемым в мультикультурных и многонациональных обществах. Страны с традиционно объемными миграционными потоками имеют множество образовательных программ, направленных на адаптацию и интеграцию новых членов общества. Это мультидисциплинарные программы, в основе которых лежит изучение языка и культурных особенностей страны. Здесь необходимо отметить о прочной связи понятий «язык» и «мир», так как одно объясняет другое и наоборот. Большинство методик изучения иностранного языка (в том числе и русского) основывается именно на лингвокультурологических принципах [Щукин, 2011, с. 454]. Наше исследование позволяет учитывать опыт использования национальной ментальности и связанных с ней ментальных моделей в построении образовательных программ, где ключевое место должна занимать не адаптация национальной ментальности к другой национальной ментальности, а трансформация ментальных моделей, которые позволят интегрировать их носителей в разные типы социума легко и безболезненно.

### **Заключение**

Таким образом, **выводом** нашего исследования является тот факт, что ментальность, как совокупность культурных и ментальных особенностей общества, играет ключевую роль в формировании и функционировании образовательных систем.

Ментальность влияет на восприятие знаний, мотивацию, методы и подходы к обучению, а также на организацию образовательных систем в целом. Коллективистские и индивидуалистические культуры демонстрируют разные подходы к обучению, которые отражают их ментальные установки и культурные ценности.

### **Литература**

1. Бердяев Н. Субъективизм и индивидуализм в общественной философии. М.: Астрель, 2008. 1008 с.
2. Извекова, Т. Ф. Ментальное моделирование мира и процесс познания с позиции лингвистики / Т. Ф. Извекова, С. Н. Гузаевская // Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке. – 2023. – Т. 12, № 2-1. – С. 268-274. – DOI 10.34670/AR.2023.61.54.030. – EDN DFDDAN.
3. Леви-Брюль, Л. Первобытное мышление / Л. Леви-Брюль ; пер. В. К. Никольский, А. В. Киссин. – Москва : Атеист, 1930. – 365 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=72013> (дата обращения: 12.06.2024). – ISBN 9785998993800. – Текст : электронный.
4. Руднева Е.Г. 2011. 02. 005. Тюпа В. И. Литература и ментальность. - М. : Вест-Консалтинг, 2009. - 276 с // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 7, Литературоведение: Реферативный журнал. 2011. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/2011-02-005-tyupa-v-i-literatura-i-mentalnost-m-vest-konsalting-2009-276-s> (дата обращения: 12.06.2024)
5. Щукин, А. Н. Методика обучения речевому общению на иностранном языке : Учебное пособие для преподавателей и студентов языковых вузов / А. Н. Щукин. – Москва : Научно исследовательский центр "Икар", 2011. – 454 с. – ISBN 978-5-7974-0259-6. – EDN QWOMHD.

### **Автор:**

к.филол.н., доцент, **Извекова Т. Ф.**

Новосибирский государственный медицинский университет  
630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Красный проспект, 52

Телефон: +79139114104

[izvekova01@gmail.com](mailto:izvekova01@gmail.com)

## **ЭТНОЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИМЕН ПЯТИ СТОЛБОВ ПАМИРСКОГО ДОМА: КУЛЬТУРНЫЕ КОДЫ И РИТУАЛЫ**

*Ш.С. Некушова*

Институт гуманитарных наук имени Б. Искандарова НАНТ

Статья посвящена этнолингвистическому анализу названий пяти столбов, являющихся важным символическим элементом традиционного памирского дома. В работе исследуются их названия, связанные с культурными кодами и ритуалами, отражающими мировоззрение и духовные ценности памирских народов. Особое внимание уделено их роли в повседневной жизни и

обрядовых практиках, а также символическому значению имен столбов как носителей исторической и культурной памяти. Автор подчеркивает, что эти элементы интерпретируются как выражение взаимодействия человека с окружающей средой, сакральным пространством и традициями предков.

**Ключевые слова:** пять столбов, традиция, памирский дом, обряд, шугнано-рушанская группа языков.

## ETHNOLINGUISTIC ANALYSIS OF THE NAMES OF THE FIVE PILLARS OF THE PAMIR HOUSE: CULTURAL CODES AND RITUALS

*Sh.S. Nekushoeva*

Institute of Humanities named after B. Iskandarov NAST

The article focuses on the ethnolinguistic analysis of the five pillars, which are a significant symbolic element of the traditional Pamir house. The study explores their names, linked to cultural codes and rituals reflecting the worldview and spiritual values of the Pamir peoples. Special attention is given to their role in daily life and ceremonial practices, as well as the symbolic significance of the pillars' names as carriers of historical and cultural memory. The author emphasizes that these elements are interpreted as an expression of the interaction between humans, the surrounding environment, sacred space, and ancestral traditions.

**Keywords:** five pillars, tradition, Pamir house, ritual, Shughni-Rushani language group.

### Введение

Традиционная архитектура памирского дома, который среди носителей шугнано-рушанской группы языков (далее шугн.-руш.) именуется лексемой *čīd* – дом, основана на пяти опорных столбах, несущих потолок и играющих ключевую роль в обеспечении сейсмической устойчивости строения. Их расположение и количество обусловлены не только конструктивными необходимостями, но и глубоко укоренившимися верованиями местного населения. Архитектурное и символическое описание традиционного дома народов Западного Памира можно обнаружить в различных источниках. Некоторые источники, анализирующие этот уникальный артефакт, ошибочно называют *čīd*-ом и все другие примыкающие к традиционному бадахшанскому дому хозяйственные помещения [8; 2, 172], тогда как другие ошибочно считают, что «в переводе с шугнанского слово *čīd* означает большой дом» [3, 65]. Особо хочу подчеркнуть, что лексемой *čīd* с фонетической вариативностью в шугн.-руш. группе языков называют только пространство с пятью столбами, а сама лексема в переводе означает просто дом, только в сочетании с компонентом шугн.руш. *kata*- лексема (*kata-čīd*) *čīd* приобретает значение «большой дом» [9]; в переносном значении «дом предков».

### Результаты исследования

Пять опорных столбов дома горных таджиков, именуемые в шугн.-руш. языковой группе термином «*sitan* // *s(ы)tan*», отражают глубокую связь между языком, культурой и религией памирцев. Исторически сложившаяся

ассоциация этих столбов с пятью зороастрийскими божествами (Суруш, Мехр, Анахита, Замьяда, Озар) свидетельствует о древних корнях памирской культуры и ее взаимодействия с более поздними религиозными системами. Более позднее метафорическое изафетное образование *panj tani-i pok* («пять святых») в культурной традиции носителей до сих пор используется для обозначения пяти опорных столбов традиционного жилища. Данное понятие символически соотносится с пятью ключевыми фигурами шиитского ислама (Пророком Мухаммадом, имамом Али, Фатимой, Хасаном и Хусейном), что свидетельствует о трансформации первоначальной их символики под влиянием исламизации региона. В семантике данного выражения обнаруживается глубокое уважение носителей шугнано-рушанской культуры и восприятие ими этих столбов в качестве одушевленных существ. Кроме того, соблюдение всех элементов традиционной обрядности, ассоциированной с каждым из столбов, акцентирует их значимость в повседневной жизни местного населения.

Главным из этих пяти столбов является шуг., руш., хуф., бр., рош. *ḫāsitan* «главный столб» (*ḫā* «царь», *sitan* «столб», букв. «царь - столб»), олицетворяющий пророка Мухаммада (с), в доисламский период ангела Суруша [7]. В недалеком прошлом каждый, кто входил в дом, и даже сами хозяева дома, произносили слова приветствия данному столбу в знак уважения и почести. Впоследствии такая традиция видоизменилась и чаще наблюдалась на траурный день и заключалась в том, что, произнося слова приветствия, дотрагиваются пальцами обеих рук до *bārnēxsitan* «столб при входе в дом», затем, целуя пальцы, преподносят их ко лбу. Около *ḫāsitan* принято совершать разные обряды, характеризующиеся иногда выражением бинарных символических значений, связанных с его сакральным значением. Выражение бинарной символики заключается в том, что младенца первый раз в колыбель кладут около *ḫāsitan* и для него это место считается самой благоприятной зоной в доме, тогда как для взрослых членов семьи сон около нее причиняет тяжелые ощущения, что находит свое отражение в формулировке *ḫāsitan bīrand ḫēvdow wazmin* – «спать около главного столба тяжело». В таких случаях памирцы совершают обряд завязывания *ḫāsitan* веревкой, которая некогда являлась частью традиционного жертвоприношения – закалывания барана на праздник Курбан. Это действие по мнению носителей культуры смягчает сон человека, спящего около царь-столба. Также в силу святости пространства вокруг *ḫāsitan* здесь происходит обряд одевания жениха (шуг. *sartarošūn* к тадж. *sar* «голова», *taroš* осн. нас.вр. «брить», суф. –*ūn* к тадж. –*on*) и обряд трижды обведения одежды жениха или невесты вокруг данного столба во время свадебной церемонии.

Единицей шуг. *voḷznēxsitan*, руш., хуф. *lošnōxsitan*, бр. *löšnōxsitan* именуется столб, вставленный в конце удлиненных нар – шуг. *voḷznēx*, руш., хуф. *lošnōx*, бр. *löšnōx*; исконное словосложение из: шуг. *voḷz* «продолговатый», руш., хуф., *loš*, бр. *löš* «голый»; шуг. *nēx*, руш., хуф. *nōx*, бр. *nōx* «нары» и компонент шуг.-руш. *sitan* «столб». Этот столб в доисламский период олицетворял древнеиндийский и древнеиранский пантеон,



покровителя правдивости и верности в союзах – Митру, преобразованного в после исламский период в первого Имама шиитов исмаилитов – Али (а). Следовательно, во время свадебной церемонии, когда жених вводит невесту в дом, их усаживают рядом с ним, символизируя надежду на то, что мир, любовь и верность будут господствовать в их союзе на протяжении всей совместной жизни. Затем проводится ритуал кормления жениха и невесты обрядовым угощением *ĉi-kaš* (сложение из преф. *ĉi-* и *kaš* «горячий»), которое предварительно на блюде трижды обводится по кругу вокруг указанного столба.

Для обозначения двух других столбов, расположенные по обеим сторонам входа в дом - *ĉid*, и которые согласно исламской интерпретации являются символом сыновей Имама Али (а) – Хасана (а) и Хусейна (а), в шуг.-руш. группе языков используются лексемы шуг. *rougāsitan*, руш., бр., рош. *raugasitan*, хуф. *rōgāsitan* и шуг. *bārnêxsitan*, где первая часть обоих слов шуг. *rouga*, руш., бр., рош. *rauga*, хуф. *rōgā* и шуг. *bārnêx* обозначают определенные части традиционного дома. В до исламский период *rougāsitan* являлся символом божества земли - Замйад, а *bārnêxsitan* персонифицировал божество огня Озар. Среди пяти столбов связь с землей, то есть с шуг. *rougā* «основание традиционного дома» (составной компонент *rougāsitan*), выявляется только в случае столба символизирующего божества Земли. Соединение остальных четырех столбов с землей не видно в силу того, что они вставлены внутри нар (шуг.-руш. *sānj* «балки по краям нар») [7]. Столб шуг. *bārnêxsitan*, руш. *bārnōxsitan* у памирцев считается символом тепла и огня, а место около него почетным местом. Здесь, как правило, усаживают гостей, а место у самого столба является местом шугн.-руш. *rīg* - религиозного лидера и всегда символически оставляется пустым.

Эти два столба соединены между собой деревянным поперечным резным брусом - шуг. *buĉkiĵij*, руш., хуф. *biškawoj*, бр., рош. *buĉkawöj*, «перекладина между двумя столбами при входе в дом». Словосложение состоит из *buĉ* к *buĉāk* «козел», компонента *kiĵ* ос.нас.вр. *kaĵ* к *kuĵt* от инф. *kiĵtow* «резать», «закалывать животное», «свежевать» [9] и суф. *-ij*, руш. *öj*, хуф. *oj*, бр., рош. *-öj* продуктивный суф. деятеля, для образования лексем со значением совершения действия, или для указания лица, совершающего действие, посредством которого отражены функциональные особенности бруса, то есть место для вешания козла или овца за ноги в процессе закалывания. Этот брус всегда покрывается символическим рисунком солнца или свастики, являющимся символом света, тепла, благополучия и добра. Нередко можно видеть на бруске рога архара, который согласно поверьям, является символом чистоты и непорочности. В некоторых источниках вешание рога архара на *buĉkiĵij* ошибочно интерпретируется мотивацией для его называния, с указанием на то, что на данном бруске вешали еще и шкуру козла с целью сохранения тепла в доме [2, 171]. Хранение рога этого священного для народов Западного Памира животного в разных местах можно наблюдать в разных местах.

Лексемой шуг. *kicor-sitan* (*kicor* «очаг»), руш. *arđōn-sitan* (*arđōn* «очаг») и шугн., руш. *kampīrsitan* (*kampīr* «старуха», букв. старуха-столб) именуют столб по правую руку от входа, мотивацией именованной которой и является ее местонахождение. Предполагается, что во втором случае формирование данного слова было обусловлено его ассоциацией с дочерью исламского пророка Фатимой (а), а в доисламский период — с божеством плодородия и покровительницей женщин Анахитой. Столб выполняет функцию хранителя очага и символизирует чистоту и благочестие, а также патрон женщин. Пространство вокруг *kicōrsitan* традиционно принадлежит женщинам, которые используют его для приготовления пищи, выполнения домашних обязанностей, воспитания детей. В случае проведения свадьбы именно в этом пространстве наряжают невесту (шугн. *šay čīdow*), а во время свадебной церемонии в доме невесты она усаживается вблизи данного столба.

## Выводы

Таким образом, как имена столбов, так и вся их обрядовая составляющая служат ключевыми элементами, закрепляющими культурные коды и концепты, присущие традиционному обществу Западного Памира. Они объединяют сакральное и бытовое, сохраняя культурные идентичности в условиях трансформации общества. Анализ показывает, что символическое значение столбов является важным культурным и ритуальным элементом, отражающим мировоззрение и духовные ценности носителей исследуемых языков. Их имена, структурно и семантически, выполняют функцию передачи сакрального знания и поддержания культурной памяти. Связь с религиозными и мифологическими поверьями, включая исламские и доисламские традиции, свидетельствуют о многослойности культурных кодов, присущих народам Западного Памира.

При анализе имен пяти столбов традиционного жилища горных таджиков обнаруживается их связь с пятью ключевыми фигурами шиитского ислама, а также реликтовое влияние доисламских верований, включая почитание божеств плодородия, что демонстрирует синкретизм религиозных и культурных представлений. Сопутствующие столбам ритуалы акцентируют их значимость в поддержании гармонии и порядка в доме и выражают коллективное представление о чистоте, благочестии и семейных ценностях.

Пять столбов функционируют не только как архитектурные элементы дома, но и как символические опоры социальной и духовной жизни его обитателей. Их символическое значение подчеркивает важность дома как центра социальной жизни, в котором ритуалы и традиции обеспечивают связь поколений и устойчивость культурных ценностей.

## Литература

1. Андреев М.С. Таджики долины Хуф. Переизд. / под ред. Э. Кочумкуловой. Бишкек: Джем Кей Джи, ИИАЭ УЦА, 2020. Вып. II. 521 с.

2. Антонова Н.А., Дубова Н.А., Наврузбеков М.Н., Никифоров М.Г. Современный памирский дом и календарно-астрономические представления памирцев / Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2023. № 3 (62), - С. 170-181
3. Ладыгина О.В. Отражение философии традиционного дома таджиков Памира в его архитектурном пространстве / Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2023. № 52. С. 63–73.
4. Мамадназаров М., Якубов Ю. Конструктивные и функциональные особенности Горно-Бадахшанского ступенчатого потолка чорхона // Памироведение. Душанбе : Изд. АН РТ : Дониш, 1985. Вып. 2. С. 34–57.
5. Садуллоева М.С. Традиционный дом таджиков Памира как пространство символов и смыслов / <https://ethnomuseum.ru/> (дата обращения 19.11.2024)
6. Тиллоев С.С. Особенности символики памирского дома / Бюллетень науки и практики. Исторические науки. М.: АН РФ, 2017. № 1. - С. 234-239.
7. Шохуморов А. Памир – страна ариев. Душанбе, 1997. - 152 с.
8. <https://www.molbulak.ru/news/chaykhana/pamirskiy-dom-pamyatnik-drevnikh-traditsiy> (дата обращения: 17.11.2024)
9. <https://www.pamiri.online/dict>

**Автор:**

к.филол.н. **Некушоева Ш.С.**  
ИГН НАНТ  
736000 г. хорог, ул. У. Холдорова 4  
Телефон: (+992) 93 5971176  
E-mail: nekushoevash@gmail.com

## **СУЩНОСТЬ СЕМЕЙНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ**

*О.А. Герцог, Е.Ю. Свиридович, Л.С. Шевченко, Т.Н. Бондарева*  
Новосибирский государственный медицинский университет

В статье рассматривается вопрос о педагогической деятельности семьи в осуществлении воспитания и образования. Особое внимание уделяется этапам становления домашнего образования и ключевому термину «семья». Обозначены некоторые проблемные вопросы семейного образования в России.

**Ключевые слова:** семья, обучение, воспитание, семейное образование, домашнее воспитание.

## **THE ESSENCE OF FAMILY EDUCATION IN THE MODERN WORLD. HISTORICAL EXPERIENCE**

*O.A. Gertsog, E.Iu. Sviridivich, L.S. Shevchenko, T.N. Bondareva*  
Novosibirsk State Medical University

The article considers the problem of the pedagogical activity of the family in the implementation of upbringing and education. The particular attention is paid to the

stages of home education development and the major term "family". Some problematic issues of family education in Russia are identified.

**Key words:** family, training, upbringing, family education, home education.

### **Основные этапы становления домашнего образования**

Цель данной статьи – рассмотреть этапы становления домашнего образования, а также выявить способы педагогической деятельности семьи в осуществлении воспитания и образования в историческом контексте.

Изучая исторический опыт педагогической деятельности родителей, начиная с самых древних времён, можно проследить каким образом осуществлялось домашнее воспитание и образование детей. В самой обобщённой версии классификации развития домашнего образования можно выделить три основных этапа:

I этап – воспитание и обучение детей в семьях родителями и другими членами семьи (вторая половина I-го тысячелетия вплоть до образования феодального государства в XIII в.);

II этап – воспитание и обучение детей дома, но приглашёнными наёмными лицами (средние века, эпоха Петра I и до 1917г).

III этап – воспитание и обучение детей дома родителями или приглашёнными специалистами с правом государственной аттестации.

Обучение – это совместная целенаправленная деятельность.

Понятие “семья” является ключевым в контексте данного исследования. Семья как социальное явление существует столько, сколько существует человечество.

Семья – это основанная на браке или кровном родстве малая группа, члены которой связаны общностью быта, взаимной моральной ответственностью и взаимопомощью. Семья является социальным институтом, реализующим функцию воспроизводства новых поколений. Соответственно семья выполняет специфические функции – репродуктивную (рождение детей), экзистенциальную (содержание детей) и первичной социализации (воспитание детей) [3, с. 257].

В каждой семье существуют свои определённые правила поведения, традиции, обязанности, запреты. Чем больше любви и привязанности между членами семьи, тем больше поколений сохранит традиции. Но также важно помнить, что семья не может существовать изолированно от общества, поэтому нельзя отрицать социальный смысл семьи.

Согласно “Педагогическому энциклопедическому словарю” эти понятия являются синонимами “семейное образование, домашнее образование, форма общеобразовательной подготовки в семье” [3, с.76, 256].

На Всероссийской научной конференции посвящённой теме “Домашнее образование и семейное воспитание: традиции и инновации” автор статьи “Домашнее воспитание и обучение в истории отечественного образования” С.С.Мартынова разводит эти понятия по принципу - кто занимается воспитанием и обучением ребёнка. “Семейное воспитание — это воспитание ребёнка дома, в семье, членами семьи. Домашнее воспитание — это

воспитание ребёнка дома, но не членами семьи, а специальными приглашёнными или наёмными лицами” [5, с.30].

Так же следует отметить, что семейное воспитание есть всегда независимо от формы обучения. Это является непрерывным и стихийным процессом. Степень контроля семейного воспитания со стороны старших членов семьи зависит от их уровня образования, социального статуса, интеллекта, мировоззрения и т.д. Существует прямая закономерность – чем выше социальный уровень родителей, тем организованней семейное воспитание. И наоборот, чем не благоприятней семья в социальном плане, тем процесс семейного воспитания будет более стихийным.

С законным появлением семейного образования в педагогике актуальными стали вопросы педагогического обучения родителей. Педагогическая энциклопедия рассматривает понятие “педагогическое обучение родителей” следующим образом: три этапа (подготовительный, основной, заключительный). Подготовительный этап включает анкетирование, тестирование, беседы с родителями, а также приглашение на семинары, тренинги, лекции и т.д. Основной этап – непосредственно лекции, семинары, круглые столы, с целью раскрытия содержания тем, активизации психолого-педагогического мышления родителей через постановку проблемных вопросов, анализа педагогических ситуаций и т.д. И Заключительный этап – советы, памятки родителям, рекомендации [3, с 431].

### **Педагогическое сопровождение семейного образования**

Педагогическая деятельность также может носить сознательный и стихийный характер. Сознательными участниками педагогической деятельности являются учителя, ведущие детских кружков, тренеры спортивных секций, родители с педагогическим образованием или специальной подготовкой. Стихийными участниками педагогической деятельности, как правило, неосознанно, являются родители в бытовых ситуациях, соседи, друзья, сами дети.

Целью педагогической деятельности является подготовить подрастающее поколение к достойной жизни. От воспитания педагогическая деятельность отличается тем, что является руководством к нему.

Образовательные реформы в эпоху царствования Петра I, а также в послепетровские времена показали, что до сих пор нельзя говорить о какой-либо приемлемости в формах, содержании и уровня образования. Другими словами, образование в Древней Руси было стихийным и не имело идеологии.

В VI веке на Руси зарождается наставническая деятельность. Существуют литературные памятники, благодаря которым можно утверждать, что уже во второй половине I-го тысячелетия славяне выработали свою практику воспитания детей и педагогическую культуру, которые, главным образом, опирались на передачу подрастающему поколению трудового и жизненного опыта, накопленного предыдущими поколениями.

Обучение и воспитание осуществлялось в семье (исключения составляли монастыри) на основе традиций, обычаев, обрядов. С помощью

традиций создавались основы трудового, нравственного, физического и религиозного воспитания [2, с.10]. Именно родители и старшие члены семьи прививали детям нравственные качества, приучали к труду и дисциплине.

### **Заключение**

В процессе воспитания особое значение придавалось выполнению отведённых ребёнку обязанностей и, наряду с этим, соблюдения запретов. Таким образом, у детей формировались следующие социально-значимые качества: дисциплинированность, исполнительность, трудолюбие.

### **Литература**

1. Антология педагогической мысли Древней Руси и Русского государства XIV-XVII вв. /Сост. С.Д. Бабишин, Б.Н. Митюров. – М.: Педагогика, 1985. – 363 с.
2. Бим-Бад Б.М., Петровский А.В. Образование// Педагогическая энциклопедия: В 2 т. – М., 1993-1999.
3. Домашнее образование и семейное воспитание: традиции и инновации [Текст]: материалы всерос.науч.-практ. конф. с междунар. участием, Омск, 23 декабря 2009г./[ред.кол. С.В. Шмачилина (науч.ред.) и др.]. Ч. 1, Омск, 2010. – 242с.

#### **Авторы:**

Ст. преп. **Герцог О.А.**

ФГБОУ ВО НГМУ

630096, г. Новосибирск, Красный проспект, 52

Телефон: 8 913 942 2553

E-mail: [olger27@inbox.ru](mailto:olger27@inbox.ru)

Ст. преп. **Свиридович Е.Ю.**

ФГБОУ ВО НГМУ

630096, г. Новосибирск, Красный проспект, 52

Телефон: 8 913 397 2331

E-mail: [elysvi@mail.ru](mailto:elysvi@mail.ru)

Ст. преп. **Шевченко Л.С.**

ФГБОУ ВО НГМУ

630096, г. Новосибирск, Красный проспект, 52

Телефон: 8 913 902 2012

E-mail: [via-2007@yandex.ru](mailto:via-2007@yandex.ru)

Ст. преп. **Бондарева Т.Н.**

ФГБОУ ВО НГМУ

630096, г. Новосибирск, Красный проспект, 52

Телефон: 8 913 062 6513

E-mail: [bondtan@me.com](mailto:bondtan@me.com)

# ЖЕМЧУЖИНА МИРОВОЙ ПОЭЗИИ: ОБ ИСТОКАХ КЛАССИЧЕСКОЙ ПЕРСИДСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Н.Ш. Кахарова*

Таджикский международный университет иностранных языков имени С. Улугзода

В данной статье автор рассматривает вопросы истории развития и зарождения персидской литературы, в частности будущий жанр – поэзия. Приводятся примеры памятников древнеиранской письменности, представлены элементы из священной книги зороастризма Авеста. Также автор повествует о многих памятниках эпоса как иранских, так и древнеперсидских.

**Ключевые слова:** богатырский эпос, древнеиранская письменность, домусульманская литература, элементы тоники, анафора, рефрен, тенсон, рифмоды, полемическая литература.

## THE PEARL OF WORLD POETRY: ON THE ORIGINS OF CLASSICAL PERSIAN LITERATURE

*N.Sh. Kaharova*

Tajik international university of foreign Languages named after S. Ulughzoda

In this article, the author examines the history of the development and origin of Persian literature, in particular the future genre - poetry. Examples of monuments of ancient Iranian writing are given, elements from the sacred book of Zoroastrianism Avesta are presented. The author also narrates about many monuments of the epic, both Iranian and ancient Persian.

**Key words:** heroic epic, ancient Iranian writing, pre-Islamic literature, elements of tonic, anaphora, refrain, tenson, rhyme, polemical literature.

Памятники древнеиранской письменности, содержавшие значительные элементы литературы художественной, в том числе поэзии, возникли при переходе от первобытнообщинного строя к классовому обществу (при ведущей роли рабовладельческого уклада и преобладании сельской общины). Рост самосознания отразился уже в мифологии: создавались мифы не только о богах, но и о героях. Отсюда следовала и антропоморфизация добрых божеств (Митра, Ардвисура Анахита, затем Ахура Мазда), и широкое бытование мифов о «культурных героях», дарующих человеку блага цивилизации (Гайа Марган, Йима и др.), о кузнеце, побеждающем злого аэни (дракона) Ажи-Дахаку, тогда же создавался богатырский эпос. Высшим художественным достижением стал образ человека-героя, богатыря — борца против дэвов (див), таков образ Рустама — центральный в иранском героическом эпосе.

Для домусульманской литературной традиции характерны идея справедливого царя, народного пастыря, и крестьянская социальная утопия, а также концепция человека как героической, богатырской личности (дэвоборца) и как собрата, интимного друга бога:

- проповедь человеколюбия;
- темы борьбы Света с Тьмою и Добра со Злом;
- похвала разуму;
- высокая оценка роли изреченного слова;
- воспевание пророческой миссии поэта.

Выделяются циклы перволюдей и первоцарей (особенно о Йиме, Гайе Мартане, Кавайидах-Каянидах и др.), богатырский цикл (прежде всего о Рустаме), исторические сюжеты, путешествия в горный мир, в ад и рай, разгадки загадок, космогонические мифы, сказочные сюжеты животного цикла, фантастические и бытовые (хозяин и работник).

В области жанровых форм следует отметить восхваление-гимн, лирику скорби (в том числе поминальные заплачки), элементы сатиры (поношения, насмешки); дидактику (в различных формах), богатырские сказания, поэмы, пейзажные и другие песни; сказку, притчу и басню; афоризмы и поговорки, своеобразный «роман», вид тенсоны и развернутой загадки.

Для поэтики были характерны многозначность слова, контрастность, символика, метафоры и другие тропы; симметричность и параллелизмы, повторы, анафоры, рефрены, риторические вопросы, сравнения, дезинтеграция строк (их смысловая несвязанность между собой) и строфики (в том числе пятистишие, четверостишие и трехстишие), сочетание длинной и короткой строки, силлабическая метрика с элементами тоники (связанной с грамматическим ударением), одиннадцатисложник, восьми- и шестисложник, цензура рифмоиды, включение своего имени и просьбы о награде в стихотворное произведение.

Древняя литература Ирана представлена единственным памятником письменности, включающим литературно-художественные элементы — священной книгой зороастризма Авестой, написанной на авестийском языке — одном из языков Древнего Ирана. Литература же Раннего Средневековья является разножанровой и разноязычной. Она создана на среднеперсидском, пехлевийском (парфянском), согдийском и других среднеиранских языках. Пехлевийской (книжно-пехлевийской) литературой называется совокупность произведений на пехлевийском и среднеперсидском (парсийском).

Оба среднеиранских языка, среднеперсидский и парфянский, — это довольно близкие друг другу диалекты; первый — юго-западный (область Фарса), второй — северо-восточный (область Хорасана). Некоторые памятники литературы были первоначально созданы на пехлевийском языке, но последующими переписчиками «отредактированы» в нормах среднеперсидского языка и в таком виде дошли до нас. Из многочисленных памятников пехлевийской литературы сохранилась лишь часть, причем в основном в поздней редакции IX в. (когда зороастризм уступил место победившему исламу).

В централизованном Сасанидском государстве, в провинциях Фарса и Хорасана, создавалась в III—VII вв. очень богатая пехлевийская литература, произведения которой связаны еще с устной традицией — жреческой,



зороастрийской и народной. После завоевания Ирана и Средней Азии войсками Арабского халифата, в VIII—IX вв., составлялись компилятивные произведения, вобравшие в себя переводы авестийских текстов, называемых «Зенд», многие элементы предшествующего творчества, существенно переработанные зороастрийскими (парсийскими) жрецами. Так появились этические, полемические трактаты, диспуты религиозных (зороастрийских) деятелей, а также легенды и предания. В этих произведениях часто отражены воззрения маздаистов на жизнь, труд, на мир в целом. В этих трактатах немало ценных фольклорных материалов, например в «Андарз» Атурпата, сына Махраспанда, включены описания обычаев, семейных обязанностей, отношения к близким.

«Денкарт» — в целом апологетическое сочинение, направленное против христианства и иудаизма, но особенно резко — против манихейской «ереси». Авторов «Денкарта» больше всего в манихействе возмущала проповедь имущественного равенства. В «Денкарте» же бесконечно варьируется тема единства трона и алтаря: правитель и жрец достигают духовного совершенства, они сопричастны к великому пророку (Заратуштре), а народ должен довольствоваться малым и быть послушным царям и жрецам.

Первый составитель «Денкарта» Атурфарнбаг (буквально — хозяин огня, что указывает на высокую должность, занимаемую автором в зороастрийской религиозной иерархии) является героем известного полемического сочинения «Матагдан-и гизаштак Абалиш» («История проклятого Абалиша»). Атурфарнбаг в присутствии халифа аль-Мамуна ведет диспут с Абалишем, который скептически относится к древнеиранской религии и не скрывает своих сомнений в действительности поклонения священному огню и других догматов зороастризма. Книга составлена в весьма распространенной в пехлевийской полемической литературе форме вопроса и ответа. Один из известных зороастрийских священников, Манушчехр, в этой же форме создал свою книгу «Датстан-и деник» («Религиозное решение»), книга состоит из 92 вопросов на религиозную тематику.

«Бундахишн» («Первотворение») — важнейший свод зороастризма. Он сохранился в двух вариантах: более полном — иранском («Большой Бундахишн») и сокращенном — индийском. Этот памятник представляет большую ценность при изучении древнего иранского эпоса. В сочинении излагаются космогонические мифы, различные предания и легенды, значительно дополняющие и поясняющие многие имена, встречающиеся в Авесте. В него включены обработки древних героических сказаний, о которых сохранились лишь неясные намеки в Авесте.

Знакомое уже по «Гатам» (гимны древнейшей части Авесты) учение о жизненных эпохах приняло здесь форму догмата о четырех эрах по три тысячи лет в каждой, в течение которых происходит борьба божества Добра Ормузда и вершителя Зла Ахримана. Согласно «Бундахишну», в первый период мир существовал в идеальном состоянии, но с проникновением в этот мир вершителя Зла он превратился в арену борьбы между Добром и Злом, пока бог Добра не загнал демона обратно в мир тьмы, где он пребывал 3000 лет, в

течение которых Ормузд сотворил материальный мир. Ахриман же за это время сумел создать злых духов для будущей борьбы против Добра, затем спустился с неба на землю и принес с собой болезни, бедствия и всякие напасти.

В «Бундахишне» описывается также появление первой человеческой пары на земле и первых иранских царей, создавших цивилизацию и мощное государство. Эти цари названы Пишдадами («Первыми законодателями»), против них Ахриман подстрекал туров (Фирдоуси их называет тюрками).

Их предводитель Фрасьян (в «Шахнаме» — Афрасиаб) нанес даже несколько поражений первым иранским царям. Любопытно описание последних дней мира в «Бундахишне»: наступит всеобщая катастрофа, в которой погибнут все силы Зла. Мир будет очищен расплавленным металлом. Ахриман будет обезврежен. Люди спасутся. Наступит четвертая эра — вечное блаженство. Описание конца мира в «Бундахишне» во многом сходно с преданиями Библии и с более поздними легендами, как языческими («Эдда»), так и христианскими.

В памятнике «Меноги храд» («Дух разума»; меног — невидимый.) отражены представления о первообразах как материального, так и духовного мира. Назначение и основная идея «Меноги храд» явно выступают уже в введении к этой книге, где говорится, что она написана ради того, чтобы сделать человека сведущим. Почти вся XV глава книги посвящена проповеди идеи благого царствования, хорошего управления.

Представляет художественный интерес «Арта Вираф-намак» («Книга о праведном Вирафе»). Здесь содержится широко распространенный сюжет, использованный позднее Данте, о путешествии человека в загробный мир, о посещении ада и рая и т. п. Смертные направили жреца Вирафа в потусторонний мир, он должен был привести оттуда благочестивые заповеди для зороастрийской церкви. Выпив дурманящий напиток, Вираф погрузился в чудесный сон. Душа его вступила в загробный мир, ее сопровождал божественный вестник Сроша и дух священного огня Атура. Душа увидела все то, что происходит на том свете, как воздается умершим.

В «Книге о Явиште, сыне Фрияна» развивается сказочный сюжет, известный уже в Авесте. Злой и могучий колдун Ахт грозит погубить Иран, если никто не сумеет ответить на его вопросы. Девять тысяч жрецов становятся жертвой Ахта после первого же вопроса: «Какой рай лучше, земной или небесный?» — «Небесный», — ответили жрецы, и Ахт их тотчас туда отправил. Лишь юный Явишт, сын Фрияна, ответил на все вопросы Ахта и тем самым одолел колдуна. Один из вопросов, на который Явишт ответил, лишь посоветовавшись тайком с посланцем Ормузда, гласил: «У кого 10 ног, 3 головы, 6 глаз, 6 ушей, 2 хвоста, 3 члена, 2 руки, 3 носа, 4 рога и 3 спины и на чем держится весь мир?» — «Человек и два быка, пашущие землю», — ответил Явишт.

Художественный элемент еще в большей мере присутствует в написанных первоначально на парфянском языке поэмах «Ядгар Зареран» («Памятка Зарерова сына») и «Драхт асурик» («Ассирийское дерево»), а также

в составленных на среднеперсидском языке произведениях «Карнамак Артахшер Папакан» («Книга деяний Артахшера, сына Папака») и «Шатранг» («Шахматы»).

Поэма «Ядгар Зареран» носит героико-эпический характер, она посвящена борьбе за торжество зороастрийской религии (в переработанном виде ее сюжет вошел впоследствии в эпопею «Шах-наме»).

В поэме «Драхт асурик» соблюдается силлабический размер, довольно свободный и разнообразный; в ней встречаются также элементы рифмы. Другие произведения светской литературы, например «Карнамак Артахшер Папакан» (ок. VI в.), отражают реальные события из жизни основателя Сасанидской империи. Заполненная приключениями и тайнами, она во многом напоминает, особенно в изображении любовной линии, античный (эллинистический) роман. Вместе с тем поэма вобрала много народных преданий, сказочных сюжетных линий, например рассказ о бое с драконом. Главный герой поэмы Артахшер, сын Папака Сасана, ведущий свой род от Ахеменидов, воспитывался у своего деда по материнской линии — царя Парфян, но, попав в опалу, был назначен конюхом. Влюбившаяся в него рабыня помогает Артахшеру убежать в Фарс, где он собирает войско, нападает на царя Парфян, побеждает и становится родоначальником новой династии Сасанидов.

Известен еще ряд исторических повестей — «Маздак-намак» («Книга о Маздаке»), «Бахрам-Чобак-намак» («Книга о Бахрам-Чубаке») и другие, дошедшие до нас в переводе на арабский язык. Их оригиналы были уничтожены, очевидно, после исламизации Ирана.

В арабских каталогах и энциклопедиях сохранились названия многих дидактических произведений — популярного жанра пехлевийской литературы (андарзы). Известный арабский писатель VIII в., перс по происхождению, Ибн аль-Мукаффа перевел на арабский язык произведения этого жанра «Айин-намак» («Книга предписаний») и «Тадж-намак» («Книга о короне»). В произведениях этого жанра приводятся как поучения, наставления об управлении государством, так и сведения о царских указах, распоряжениях и т. п. В андарзах встречаются мотивы бренности земного мира и упование на царство небесное. Ибн аль-Мукаффа перевел также с пехлеви на арабский религиозно-этический трактат, так называемые письма жреца Тансара табаристанскому царю Гушнаспу, датируемые VI в. До нас дошло его переложение с арабского перевода на современный персидский язык.

Пехлевийская литература включала также переводы и обработки иноземных сюжетов, в частности с индийских языков. Арабский историк X в. аль-Масуди сообщает, например, о книге «Тысяча сказок» («Хезар афсане») на пехлевийском языке, созданной на основе индийского оригинала.

Позднее, по словам того же автора, пехлевийская книга была переведена на арабский язык уже упомянутым Ибн аль-Мукаффой и легла в основу знаменитого сборника арабских сказок «Тысяча и одна ночь».

## Литература

1. Брагинский И. С. Литература Ирана и Средней Азии III—XII вв., Изд-во АН РФ, Москва, с.141.
2. Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. М.: Наука, 1981.
2. Жан Жорж. История письменности и книгопечатания. М.: АСТ, 2005.
3. Маршал Мак-Люэн. Галактика Гутенберга. Киев: Ника-Центр, 2004.
4. Оруджев З.М. Природа человека и смысл истории. М.: URSS, 2009.
5. Полянский н.н., Карташева О.А., Иадирова Е.Б. История производства печатных форм классических видов и способов печати. М.: МГУП, 2008.
6. Словарь литературоведческих терминов. М. 1974г.
7. Стефанов С. Полиграфия от а до Я: энциклопедия. М.: URSS, 2009.
8. Стефанов С. Полиграфия: способы и технологии печати. М.: Август Борг, 2010. 9.
- Н.Скатов «Алексей Кольцов. Сочинения». Ленинград, издательство «Художественная литература», 1984 г.
9. В.А.Тонков «А.В.Кольцов. Стихотворения». Москва, издательство «Советская Россия», 1961 г.
10. В.А.Тонков. «Очерк жизни и творчества И.С.Никитина». Москва, «Просвещение», 1968 г.
11. Н.С.Шер «Родные поэты». Стихотворения русских поэтов-классиков XIX и начала XX века. Москва, издательство «Детская литература», 1986 г.

## Автор:

Ст. преп. **Кахарова Н.Ш.**

Таджикский международный университет иностранных языков имени С. Улугзод  
734019, Таджикистан Душанбе, улица Мухаммадиева, 17/6

Телефон:

E-mail: Salmonjon16@mail.ru

## К ВОПРОСУ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ НАВЫКА ЧТЕНИЯ АДАПТИРОВАННЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ТЕКСТОВ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ ВУЗОВ

*Ж.Б. Хушвахтова*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г.Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В данной статье рассмотрены методические рекомендации по вопросу обучения чтению текстов художественной литературы на примере преподавания учителей начальных школ Российской Федерации. Рассмотренные методики вполне допустимы к применению в учебных заведениях Республики Таджикистан.

**Ключевые слова:** библиографический текст, информационное чтение, полярное чтение, эмоциональный настрой, интеллектуальный подход, личная заинтересованность, кругозор, духовный рост.

# TO THE QUESTION OF THE NEED TO DEVELOP THE SKILL OF READING ADAPTED LITERARY TEXTS OF STUDENTS OF NON-LINGUISTIC UNIVERSITIES

*Zh.B. Khushvakhtova*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

This article examines methodological recommendations on the issue of teaching reading fiction texts using the example of teaching primary school teachers in the Russian Federation. The methods considered are quite acceptable for use in educational institutions of the Republic of Tajikistan.

**Key words:** bibliographic text, informational reading, polar reading, emotional mood, intellectual approach, personal interest, horizons, spiritual growth.

Процесс чтения у маленьких читателей проходит под контролем учителей на уроках внеклассного чтения, личных бесед с ребятами, с родителями. Безусловно, что огромную роль в данном аспекте играет дом, семья, родители и их личная заинтересованность в развитии младшего школьника.

И вот они переходят в основную школу. Пятиклассник очень болезненно переносит этот переход: новые предметы, более требовательные учителя, трудновыполнимые домашние задания. Круг чтения пятиклассника резко сужается, а свободное не программное чтение формируется теперь под влиянием, как правило, общения друг с другом. Самостоятельное чтение ребенка в этот период постепенно становится полярным: учебное (деловое) и развлекательное (легкое). Взрослые постепенно самоустраиваются от процесса развития у детей интереса к книге как раз в тот период, когда это наиболее необходимо взрослому подростку. Так стоит ли винить детей в том, что книга, как необходимый источник духовного роста, постепенно исчезает из их сферы интересов? Причина сложившейся ситуации – в том, что с переходом в основную школу книге, как в семье, так и в учебно-воспитательном процессе, уделяется значительно меньше внимания, чем на начальном этапе обучения. И в первую очередь эта проблема касается наших национальных школ. Самостоятельный процесс чтения дополнительной к учебнику литературы вызывает у ребенка серьезные трудности в восприятии и понимании текста. Сами тексты усложняются, а навыки работы с ними не приобретаются. Постепенно возникает психологический барьер, который ребенок самостоятельно не может преодолеть, и он заменяет книгу другими источниками информации, более доступными для восприятия. Таким образом происходит снижение роли книги в жизни ребенка. Можно предположить, что интерес к книге в учебном процессе целенаправленно не формируется, и учащиеся недостаточно владеют навыками самостоятельной читательской деятельности.

Результаты социологических исследований последних десятилетий рисуют безрадостную картину: книга для современных детей перестала быть источником духовного роста. Чтение детей - для них прежде всего источник

информации, который постепенно заменяет компьютер с его неограниченными возможностями. Информационное чтение лишает ребенка возможности самопознания, обедняет его духовный мир.

Возникает вполне определенный вопрос: в каком возрасте книга перестает приносить радость современному ребенку, как избежать этого этапа в его развитии?

Ориентируясь на социологические исследования школьных педагогов можно с уверенностью ответить: при переходе из начальной в основную школу.

Объектом изучения на уроках в основном являются учебные и художественные тексты. Но мы не имеем права отрывать текст от книги, т.е. от той системы средств, «благодаря которым книга и становится книгой, а не просто текстом, записанным в тетрадке». [5, 65-66]

В учебной программе изучению русского языка и литературы в национальных школах отведено безусловно катастрофически мало часов. Тем не менее, объектом изучения на уроках в основном являются адаптированные художественные тексты. Книга должна быть учащимися правильно воспринята как предмет, но предмет особый, лично значимый.

Необходимо развивать умение детей старшей школы *читать*.

К примеру, обсуждение о прочитанной книге, свои впечатления об изученном учащиеся национальных школ совместно с педагогами могут проводить и на родном языке. Важен результат – обсуждение книги, заинтересованность в самом тексте, интерес к книге в целом, важный момент общения учителя и ученика, духовное развитие ребенка.

Без участия родителей эту задачу решить очень сложно. Учитывая особенности среднеазиатских семей – когда в семье, как правило, много детей, мать не работает и весь груз домашнего хозяйства, а порой и обеспечения лежит на ней одной, то, безусловно, невероятно трудно, почти невозможно требовать от ребенка, живущего в таких условиях, прочтения и знания новинок литературы. Вот здесь необходима поддержка педагогического коллектива, вмешательство классного руководителя.

Необходимо признать, что опыт введения уроков библиографического мастерства вполне приемлем и в национальных школах Таджикистана. Повсеместно работают библиотеки, школьные учителя также проявляют заинтересованность в вопросе увлечения учащихся чтению, стараются самостоятельно приобретать литературные новинки.

Сейчас в условиях информатизации образования мы все серьезно обеспокоены тем, что увлечение ребят компьютерами вытеснит книгу, и ее заменят электронные источники информации. Поскольку прекратить или ограничить влияние компьютера невозможно, то необходимо сделать его не соперником, а союзником. Необходимо использование электронных версий книг, подготовка заданий на базе медиатеки, к сожалению, в школах нашей республики этот вопрос сложно решаем чисто технически, не все школы, а особенно школы дальних районов, обладают компьютерными залами, библиотеками с компьютерными установками и т.п. проблемы. Тем не менее,

необходимость в привлечении компьютера как союзника в увлечение прочтения художественных текстов, безусловно, присутствует.

Окончательный результат работы – это не только собранная, систематизированная информация и качественно оформленная работа по заданной учителем теме, а осмысленная, с собственными выводами, оценкой, и самое главное, самостоятельная соответствующая уровню развития личности подростка на данный момент.

Нет сегодня готовых ответов на вопрос: «Как вернуть современному ребенку радость от прочитанной книги?» Этот ответ все мы сможем найти только в том случае, если будем не только учить их, а будем учиться вместе с ними.

Таким образом, развивая навыки умения чтения адаптированных художественных текстов у учащихся как младших, так и старших классов, учитель – педагог развивает самооценку учащегося, происходит помимо прочего и духовное развитие. Создавая условия для развития навыка самооценки читателя, мы, тем самым, помогаем появлению рефлексии и создаем условия для формирования адекватной самооценки личности.

### **Литература**

1. Г.В.Варганова. Чтение в системе социокультурного развития личности. Сб.стат.межд.научно-практ.семинара. М., «Русская шк.библиот. ассоциация.», 2007. - № 2. – 56-59.
2. Вьюшкова Л.Н. Культура чтения как педагогическая проблема. // Школьная библиотека. – 2001. - № 5. –48-49.
3. Захарова А.В., Боцманова М.Э. Как формировать самооценку школьника // Начальная школа. – 1992. № 3. –58-65.
4. Ксензова Г.Ю. Оценочная деятельность учителя. Учебно-методическое пособие : - М. : Педагогическое общество России, 1999. –121.
5. Ляхов В.Н. Очерки теории искусства книги / В.Н.Ляхов. – М., 1971. 65-66.
6. Светловская Н.Н. Методика внеклассного чтения : Книга для учителя. 2-изд., перераб. – М., 1991. –112.
7. Тихомирова И.И. Методический словарь для библиотекарей «Психология детского чтения от А до Я». // Школьная библиотека. – 2004. - № 2. –20.

### **Автор:**

Ст. преп. **Хушвахтова Ж.Б.**

филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе,  
734002, г.Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82

Телефон:

E-mail: zhanna\_19-70@mail.ru

# ЛЕКСИКА РОЖДЕНИЯ ШУГНАНСКОГО ЯЗЫКА: ОТЗВУКИ ТРАДИЦИЙ

*Ч.Р. Назаршоева*

Институт гуманитарных наук имени Б. Искандарова НАНТ

Родильный обряд, как один из ключевых моментов в жизни человека, всегда был окружен особым вниманием и обрядовыми традициями. В нем отражаются представления о жизни и смерти, о роли женщины в обществе, о роли потусторонних сил в жизни беременной, новорожденной и роженицей. В языке мы находим отражение идей и знаний различных областей жизни народа, анализ современного состояния лексики языка может раскрыть картину восприятия и виденья мира нашими предками.

В данной статье мы рассмотрим особенности лексики родильного обряда, и связи данного обряда с традиционными представлениями.

**Ключевые слова:** лексика, родильный обряд, тематический анализ, ряды, слова и выражения.

## THE VOCABULARY OF THE BIRTH OF THE SHUGNI LANGUAGE: ECHOES OF TRADITIONS

*Sh.S. Nazarshoeva*

Institute of Humanities named after B. Iskandarov NAST

The birthing ceremony, as one of the key moments in a person's life, has always been surrounded by special attention and ritual traditions. It reflects ideas about life and death, about the role of women in society, about the role of otherworldly forces in the life of a pregnant woman, a newborn and a woman in labor. In the language we find a reflection of the ideas and knowledge of various areas of people's life, an analysis of the current state of the vocabulary of the language can reveal the picture of perception and vision of the world by our ancestors.

In this article, we will consider the peculiarities of the vocabulary of the maternity rite, and the connection of this rite with traditional ideas

**Keywords:** vocabulary, maternity rite, ritual traditions, synonymic series, vocabulary of the maternity rite.

Родильный обряд, как один из ключевых моментов в жизни человека, всегда был окружен особым вниманием и обрядовыми традициями. В нем отражаются представления о жизни и смерти, о роли женщины в обществе, о роли потусторонних сил в жизни беременной, новорожденной и роженицей. В языке мы находим отражение идей и знаний различных областей жизни народа, анализ современного состояния лексики языка может раскрыть картину восприятия и виденья мира нашими предками.

В данной статье мы рассмотрим особенности лексики родильного обряда, акцентируя внимание на ее этнографические корни и связи с традиционными представлениями.



Лексико родильного обряда шугнанского языка обладает особой семантикой, связанной с ритуалами, обрядовыми действиями и символикой. Анализ этой лексики позволяет глубже понять значение обряда в контексте культурной традиции, а также проследить динамику ее развития и трансформации под влиянием исторических и социальных факторов.

Особое внимание в лексике родильного обряда шугнанского языка уделяется периоду беременности и родам. В традиционной культуре, беременность воспринималась не только как физиологический процесс, а как сакральный акт, наполненный символическим значением.

**Термины, связанные с беременностью.** В разных культурах существуют разнообразные слова для обозначения беременности. В шугнанском языке для описания состояния женщины во время беременности используется ряд синонимов, компоненты которых имеют специфические семантические и экспрессивные особенности. К таким синонимическим рядам относятся фразы: *qād-and kūdak dēdow* букв.: “попадания ребёнка в стана (утробе матери)”, *qīč qati vidow* букв.: “быть с животом”, *buɣuz sitow* букв.: “стать беременной”, *dujūn vidow* букв.: “быть с двумя душами”, *lozaki vidow*, *wazmin vidow*, *zalūdor vidow* “быть беременной”, *omilā* “беременная”. Данный синонимичный ряд демонстрирует обильность составных лексических единиц, большинство из которых являются составными глаголами, характеризующиеся наличием своих именных парой, если пары *qīč qati*, *buɣuz*, *dujūn*, *lozaki*, *wazmin*, *zalūdor*, означающие “беременная”, выполняют в предложении функцию определения: *ya qīč qati / buɣuz / dujūn / lozaki / wazmin / zalūdor* “она беременна”.

Наличие этих лексических единиц в языке в свою очередь говорит о том, что у народов Западного Памира издревле существовало множество обычаев, поверий и толкований относительно *buɣuz ŷinik* “беременной женщины”. Значимость анализа лексических единиц родильного обряда также заключается в его демонстрации мировоззрения и мировосприятия шугнанцев относительно касающегося вопроса. Хотя определить отношение шугнанцев к феномену беременности и родов представляется затруднительным, анализ лексико-фразеологических единиц, словосочетаний и выражений может дать широкий спектр правильных ответов.

**Термины, связанные с родами.** Роды также описываются в культуре и языке шугнанцев с помощью специфической лексики данного языка. Формулировка *mēst dedow* – “наступление месяца” в шугнанском языке используется для обозначения последнего месяца беременности, что также отражает тревогу и суету родственников беременной накануне родов, потому как в этот последний месяц беременная женщина нуждается в большем уходе. Это действие также выражается словом *mēstadez* в шугнанском языке и *mēstindayū* в рушанском языке, что означает наступление месяца рождения ребёнка. В словаре Д. Карамшоева это слово интерпретировано как ожидающая ребёнка: *yā mu zinaŷ mēstadez*, *kor-ta na-kixť* “моя невестка ждет ребёнка, (вот и) не работает”. [5, 230]. Фраза *mēst dedow* также означает начало месяца, когда беременная женщина должна рожать. Общеизвестно, что *ziriyot*

*vīd/ow* “рождение ребёнка” – это одновременно и радостное, и болезненное и тяжёлое событие для женщины, которое в шугнанском языке выражается следующими фразами и выражениями, отражающие беспокойства родных и близких *buɣuz ŷinik* “беременной женщины” накануне родов: *dubaxtgi* от *du* – два, *baxt* – судьба, участь, удел, доля, жребий и суф. имен сущ.-ых с абстрактным значением, как правило образуемых от прилагательных –*gi*. Внутренняя форма данной лексемы указывает на неопределенный (позитивный, негативный) результат окончания какого-либо процесса. В данном случае результаты родов непонятно чем могут закончиться. Этой фразой выражается точка зрения на опасность подстрекающая женщину во время родов, когда она в равной мере находится между жизнью и смертью. Наравне с упомянутой единицей выражение *bača-dārδ* букв.: “боль ребёнка”, или *ziryot-dārδ* букв.: “боль дитя (при родах), схватки” также отражают наступление тревоги и волнений, как самой роженицы, так и ее родных.

Синонимический ряд *bača-dārδ, ziryot-dārδ, ziryot-ti kasāl* “боль ребёнка (при родах)”, “схватки” характеризуется тождественным ситуативным употреблением составляющих его единиц, которых можно отнести к ряду абсолютных синонимов. Различные варианты употребления этих выражений у шугнанцев можно встретить в следующей форме: *Yā ziryot-ti kasāl // yā ziryot-bemor // wāmānd bača-dārδ // ziryot-dārδ* букв.: “у неё боль ребёнка, схватки”.

**Термины, связанные с ребенком.** Синонимический ряд слов для обозначения понятия ребёнок в шугнанском языке характеризуется наличием нескольких лексем, среди которых наблюдается общеупотребительное слово. Этим словом является *ziryot* “ребёнок, потомок, дети”. Другими лексическими единицами этого ряда являются *kūdak, buc balā, bāč kāč*, среди которых две единицы *buc balā* и *bāč kāč* являются исконными выражениями шугнанского языка, тогда как общеупотребительная лексема *ziryot* и слово *kūdak* давно адаптированные таджикизмы. Как и во многих других языках мира в шугнанском языке для обозначения мальчика и девочки используются отдельные слова: *rizīn* “дочка”, *pus* “сын”. Слова *ziryot* и *kūdak* “ребёнок”, “дети” в шугнанском языке встречаются в составе разных формулировок, например, в таких как: метафорическая фраза *ziryot dod-at nān-and wef dawlat* “ребёнок – богатство родителей”. Фразы *ba royī kadam kūdak* букв.: “ребёнок с благословенной стопой (шагом)” и *xiš royī qadām kūdak* “ребёнок, приносящий счастье” также широко используются в шугнанском языке.

**Термины, связанные с предметами и атрибутами:** К данной группе в основном входят все слова именуемые принадлежности колыбели. С точки зрения морфологической структуры слова входящие в данной группе отличаются разнообразием способов словообразования, в частности наравне с простыми лексическими единицами встречаются множество слов, образованных способами суффиксальный, словосложение и примыкание. Для примера можно привести следующие лексические единицы для именовании принадлежностей колыбели: *kāgān* “сенник”, *dūlak* “колыбельный глиняный сосуд для экскрементов ребёнка”, *ħufčak* “приспособления для сливания детской мочи в глиняный сосуд”, *rocvāħ // pozvāħ* “приспособления для

удержания ребёнка в колыбели”, *lalayakdorg* // *niḫēbījak* “перекладина для качания колыбели”, *pīnjđınak* “валик, наполненный просом”, *mīđjulak* “лоскуток, поясная пеленка”, *čorjulak* “лоскутки вокруг сосуда для экскрементов”, *pīc-biŷīn(d)-ak* “покрывало для лица”.

Само лексема является главным атрибутом детства и несет в себе глубокий смысл, связанный с детством, началом жизни. *γūk* “колыбель (деревянная)” и *wulčāk* “временная колыбель” - лексемы шугнанского языка, которые используются для именованя двух разных колыбелей. В шугнанском языке лексема *γūk* является вершиной словообразовательного гнезда ряда лексических единиц, которые обозначают различные явления и объекты, связанные с колыбелью. В данное гнездо входят следующие слова: *γūk-ak*, или *γūk-bic* “маленькая колыбель”, “игрушечная колыбель”, *γūk-ej* “материал для изготовления колыбели”, *γūk-tēxt* “процесс изготовления колыбели” *γūk-tēx-tj* “мастер по изготовлению колыбели”, *γūk-būn* и *γūk-niḫēb-tj* “качающий ребёнка в колыбели”, “няня”, *γūk-būn-i*, а также *γūk-niḫēbt(ow)* “качание колыбели”, *ar γūk wedd* “укладывание в колыбель”, *be- γūk* “без колыбели”, т.е. ребёнок, которого растили без колыбели.

**Слова и выражения, обозначающие действия, связанные с ритуалами:** Слова и выражения, охваченные данной группой, отражают явления, предметы и разных действий, связанные с разными ритуалами родильным обрядом в культуре шугнанцев. К данной группе входят такие лексемы как *kāl-zinēd* “мытьё головы”, *būn-đēd* “посыпание мукой”, *ar γūk wedd* «укладывание в колыбели», *čil-pitēwd* “выбрасывание сорока” и п.

Составной глагол *būn-đēd* “посыпание горсткой муки” связан с визитом близких родственников и соседей, которые приносили с собой миску с мукой, чтобы посыпать ею плечи и одеяло роженицы в третий день после рождения ребёнка. Следовательно, данный обряд проводился на третий день, когда купали и мыли голову роженице, т.е. после проведения обряда *kāl-zinēd* “мытьё головы”. Мука, называемая *būn* “горсть муки”, согласно верованию шугнанцев является символом счастья [7, 75].

Ритуал *čil pitēwd* букв.: “выбрасывание сорока”, который является завершительным периодом всего послеродового периода. В данную лексико-семантическую группу входят следующие лексемы и выражения: *čil-gi kurtā* “рубашка сорокадневья”, *čil-gi -pīḫok* “одежда сорокадневья”, *čil pur sitow* “завершение сорокадневного периода”, *čil-gi mēnat* букв.: “сорокадневный труд” и т.п. Согласно поверьям шугнанцев обряд *čil pitēwd* букв.: “выбрасывание сорока” характеризуется тем, что путем завершения данного обряда отстраняются все беды и трудности на пути новорожденного, и он переходит с этого дня к более безопасной жизни. М.С. Андреев в связи с этим отмечает, что по истечении сорока дней животный дух, до сих пор находившийся в теле ребёнка, покидает его, уступая место человеческому духу [2,73], т.е. этот временной промежуток представляет собой период перехода от одной фазы жизни человека к другой.

**Слова, обозначающие понятия, связанные с мифологией и верованиями:** К данной группе входят слова и выражения относительно,

действий, которые совершаются для защиты ребенка, его матери. Напр., такие выражения как *ǰūmindī tar wēdgāl mā-sitow* “(роженице) нельзя подходить поздно вечером к краю арыка”, *tar ǰām na-sitow* “(роженице) нельзя ходить в дом, где проходит траурная церемония” *kāl-bisxūth pis ǰūm-i-yaθ mā-naǰtīdow* “не выходить с наступлением вечера с непокрытой головой”; *diraxt-bun-and mā-nīstow* “не сидеть под деревом”; *tar ǰīǰīd mā-sidow* “не ходить в хлев”; *ǰūmindī lelǰ mā-pitēwdow* “не выбрасывать вечером помой” являются своего рода наставлениями для роженицы и отражают веру носителей языка в магические и негативные воздействия окружающей среды, или неблагоприятного времени именно на женщину в силу её беременности; лексемы, выражающие правила и ограничения при соблюдении во время беременности и после родов; лексемы выражающие злые силы, которые могут влиять на роженицу, на рождение ребенка, также могут нанести вред после рождения как на мать так и на новорожденного. Напр., *almasti/albasti* является одной из сверхъестественных существ, которое может воздействовать на роженицу вплоть до того, что может вырвать её сердце и печень и съесть их и таким образом обречёт роженицу на смерть. В соответствии с этнографическими исследованиями таких ученых как А.Н. Троицкая, Е.М. Пещерева, М.С. Андреева, среди народов Западного Памира бытует поверье, что *almasti* непрерывно пытается настичь беременную женщину, или роженицу с тем, чтобы нанести ей, или её ребёнку вреда. Такое враждебное отношение *almasti* к роженице, согласно М.С. Андрееву, обусловлено тем, что согласно фольклорным материалам, в древности некая женщина после мытья посуды выбросила за порог помой, что совпало с тем временем, когда *almasti* родив ребёнка, оставила его на пороге, и он был облит помоями. В последствие такого случая *almasti* постоянно норовят отомстить человеку, особенно беременной женщине, или роженице” [2,53].

Также термин родильного обряда *wīǰtakbidāl* представляющая собой сложную лексему из *wīǰtak* “запеленатый ребенок” и *bidāl* “замененный”, указывает на веру шугнанцев в то, что в период сорокадневья силы зла, в частности *dew* “див” могут заменить запеленатого младенца своим ребёнком. Его синонимической пары *ǰīwbādāl* (*ǰīw* – див, *bādāl* – замененный) “заменённый дивом” мы наблюдаем и в рушанском языке, что свидетельствует о наличии подобной веры и у рушанцев.

#### **Термины, связанные с действующими лицами и их роли в обряде:**

Ряд лексических единиц шугнанского языка четко отражают лиц, которые участвуют в процессе принятия родов, структурное оформление которых отчетливо указывает на роль и действие каждого из участников рода. У шугнанцев в контексте родильной обрядности очень важна роль и влияние отдельных людей на роженицу и ребёнка. Например, роль таких участников как: *pīrzeča* “повитуха”, *zeča-būn* “женщина, которая ухаживает и помогает роженице до исполнения сорокадневного послеродового срока”, *nān* “мама роженицы”, *nof-kun/nof-gār* “женщина, перерезающая пуповину новорожденного”, *sipīd-kun/sipīd-gār* “человек, который первым кладёт масло в рот младенцу после рождения”, *tuɣdaxoɣ-kun/tuɣdaxoɣgar* “человек,

сообщающий о рождении ребёнка, особенно отцу новорожденного” и т.п. можно определить по структурно-морфологическому составу данных лексем.

Таким образом, можно делать выводы, что анализ лексики родильного обряда демонстрирует его глубокую связь с традиционной культурой и мировоззрением народа. Данное исследование даёт возможность проследить, как язык являясь средством передачи культурной информации, сохраняет и передает традиции из поколения в поколение. Лексика родильного обряда шугнанского языка является ценным источником информации о культурных традициях и верованиях шугнанского народа.

Лексика родильного обряда шугнанского языка содержит важные культурологические сведения о процессе рождения ребёнка, общественной жизни и отражает особенности народных традиций. Практически все языковые единицы, связанные с деторождением, содержат в себе традиционные знания предков шугнанцев и отражают их мировоззрение относительно касающегося вопроса. Если, с одной стороны, ряд традиционных знаний и обрядов, отраженные в семантике лексического состава родильной обрядности, имеют реально-объективную основу, то с другой стороны, ряд из них основан на суевериях данной этнической группы. Термины родильного обряда демонстрируют эстетические аспекты и видение взаимоотношений природы и человека. Эти лексические единицы отражают традиционный опыт и знания шугнанцев о рождении, уходе и воспитании детей, которые формируют особую систему жизнедеятельности этноса.

### **Литература:**

1. Абдулхамидова П.Ш. Лексика народной медицины шугнанского языка: автореферат дис. ... канд. филол. наук: 10.02.22 / П.Ш. Абдулхамидова – Душанбе, 2006. - 20 с.
2. Андреев М.С. Таджики долины Хуф (верховья Амударьи) / М.С. Андреев. Вып.2. – Сталинабад: Издательство Академии наук Таджикской ССР, 1958. – 526 с.
3. Андреев М.С. Несколько примет и детская игра «Сорока-Ворона» среди некоторых народов, главным образом Средней Азии. Материалы по этнографии / М.С.Андреев // Известия Главного Средне-Азиатского музея. – Ташкент, 1923. Вып. 2.
4. Закирова М.Г. Роль павивальных бабок в духовной жизни татарского народа (на материале экспедиций в регионы компактного переживания татар) / М.Г. Закирова // Вестник Казуки. – 2017. – №3. – С.34-37.
5. Карамшоев Д. Шугнано-русский словарь в трех томах / Д.Карамшоев. Т.3. – М.: Восточная литература РАН, 1999.– 568 с.
6. Пещерева Е.М. Ягнобские этнографические материалы / Е.М. Пещерева. – Изд-во «Дониш», 1976. – 97 с.

### **Автор:**

к.филол.н. **Некушоева Ш.С.**  
ИГН НАНТ  
736000 г. хорог, ул. У. Холдорова 4  
Телефон: (+992) 93 526 1982  
E-mail: chilla1982@mail.ru

# ЦЕННОСТНЫЙ КОМПОНЕНТ АУТЕНТИЧНЫХ ТЕКСТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ

*Н.А. Варнакова, К.А. Левчук, А.В. Лисица, И.В. Попова, А.А. Широких*  
Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия

Развитие коммуникативной компетенции обучающихся в неязыковом вузе является важным компонентом иноязычного обучения, и внедрение в образовательный процесс аутентичных текстов, которые являются основой для развития речевых знаний, умений и навыков на иностранном языке, несомненно, является обязательным элементом. Именно работа с аутентичными текстами способствует успешному формированию коммуникативной компетенции у обучающихся.

**Ключевые слова:** коммуникативная компетенция, иностранный язык, аутентичный текст.

## VALUE COMPONENT OF AUTHENTIC TEXTS AS A TOOL FOR DEVELOPMENT OF COMMUNICATIVE COMPETENCE IN A NON-LINGUISTIC UNIVERSITY

*Varnakova N.A., Levchuk K.A., Lisitsa A.V., Popova I.V., Shirokikh A.A.*  
Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Development of students' communicative competence in a nonlinguistic university is an important component of foreign language learning, and the introduction of authentic texts into the educational process, which are the basis for the development of speech knowledge, skills in a foreign language, is undoubtedly an obligatory element. It is the work with authentic texts that contributes to the successful formation of communicative competence among students.

**Key words:** communicative competence, foreign language, authentic text.

На сегодняшний день владение иностранными языками является неотъемлемым компонентом как профессионального, так и личностного роста. Иноязычная коммуникативная компетенция подразумевает обязательное владение базовой лексикой, профессиональной терминологией, идиоматическими лексическими единицами, отражающими культуру, законы и традиции других народов. Овладение иностранными языками развивает память, мышление, а также в известной степени повышает образовательный и культурный уровень обучающихся. При изучении иностранного языка обучающиеся глубоко проникают во взаимосвязи содержательных аспектов иноязычной коммуникативной компетенции, что обуславливает хорошие умения и знания предмета. «Кроме того, стоит отметить, что студенты одновременно косвенно получают опыт межкультурного общения» [2, с. 33].

В настоящее время, в рамках профессионально-ориентированной речевой подготовки обучающихся неязыковых вузов, произошел ряд изменений, коснувшихся средств обучения иностранному языку. Основная

цель такой подготовки – формирование коммуникативной компетенции для будущей профессиональной деятельности. Соответственно, весь процесс обучения иностранному языку представляет собой систему чётко выверенных методических средств для реализации этой цели. Формирование у обучающихся определенного уровня коммуникативной компетенции ориентируется на уровень владения языком носителей языка, и, соответственно, через языковые средства отражает окружающую действительность.

Исходя из выше обозначенной цели, одной из главных задач преподавателя иностранного языка является создание условий, способствующих приобщению обучающегося к иноязычной культуре и подготовки его к эффективному диалогу в межкультурном пространстве.

При обучении иностранному языку, на занятиях следует уделять огромное внимание типам и формам заданий, которые позволяют обучающимся активно участвовать в коммуникации. Мы полагаем, что развитие коммуникативной компетенции обучающихся в неязыковом вузе является важным компонентом иноязычного обучения, и внедрение в образовательный процесс аутентичных текстов, несомненно, является обязательным элементом. Именно работа с аутентичными текстами способствует успешному формированию коммуникативной компетенции у обучающихся.

Аутентичный текст (АТ) в самом широком смысле – это подлинный текст. Аутентичный медицинский текст отличается информативностью, структурированностью, хорошо структурированной информационной составляющей и направленностью на целевую аудиторию. Комплексная работа с АТ, включающая обучение стратегиям понимания и перевода такого типа текстов, является основной задачей при обучении иностранному языку в медицинском вузе.

Каждый медицинский текст обладает деонтологической ценностью, которую сложно переоценить. В переводе с греческого языка слово «деонтология» означает комплекс норм в области этики и морали, которым должны следовать все медицинские работники. Деонтология – это учение о том, как должен вести себя врач, а этика – своеобразный «кодекс» поведения. Таким образом, деонтология вытекает из неё, так как полностью построена на этических принципах [3].

Аутентичный медицинский текст представляет собой средство, которое содержит информацию, обладающую различными ценностными аспектами. Через тексты мы рассматриваем вопросы нравственности врача, включая совокупность норм его поведения и морали, чувство профессионального долга и чести, совести и достоинства. Медицинская этика охватывает и определенные нормы поведения медицинского работника в быту, его культуру, человеколюбие, физическую и моральную чистоплотность и т. д. Однако в настоящее время новейшие достижения медицинской науки и техники заставляют несколько с другой точки зрения рассматривать традиционные нормы медицинской деонтологии. Былой принцип «врач-

больной» заменяется новым «врач-прибор-больной», а потребность больного в чутком и внимательном отношении медицинского работника, в его добром слове, вселяющем надежду, не уменьшилась, а ещё более увеличилась [1].

Другой ценностный аспект медицинской литературы – это специфическая терминология. Особенностью медицинских текстов, составленных как на русском, так и на английском языке является частотное использование латино-греческих и узкоспециальных терминов. В связи с этим, процесс овладения иностранным языком требует от обучающихся овладение рядом знаний и умений, позволяющих понимать тип, и целевое назначение текстов, ориентироваться в тексте с учётом специфики, извлекать информацию. Обучающийся, применяя фоновые знания медицинской терминологии греко-латинского происхождения, полученные на занятиях латинского языка, успешно справляется с переводом медицинского текста. В этом случае контекст не играет большой роли в подборе соответствий или эквивалентов для языка перевода, необходимо лишь точное знание соответствующего эквивалента [9, с. 142].

При этом очень важна лексическая ценность, что означает никакой вольности перевода, только книжный стиль. «Изучение предложений способствует развитию языковой догадки. При изучении различного рода предложений студентам предлагается обращать внимание на слова из современных известных им языков, восходящие к латинским, которые уже могли им встретиться в других языковых дисциплинах или в медицинской терминологии» [6]. Данный приём способствует повышению уровня эрудированности обучающегося. «По мнению многих исследователей, научный стиль речи – это основа профессиональных компетенций» [6, с.79]. Таким образом, «медицинские тексты обладают определенным набором лингвостилистических особенностей, которые могут варьироваться в зависимости от функции и цели текста. Главные особенности медицинской литературы – это использование большого количества специальной лексики, аббревиатур, стремление к однозначности и недвусмысленности. Поэтому мы можем рассматривать перевод медицинских текстов как один из самых востребованных и сложных видов специального перевода» [4, с. 11].

Обращаясь к ценностному аспекту грамматических особенностей, которые присущи научным медицинским текстам на английском языке, можно сказать, что он заключается в том, что в таких текстах имена существительные количественно преобладают над глаголами.

Имена существительные, как известно, конкретизируют содержание текста, не размывая его информационную составляющую, что обеспечивает хорошее понимание логики текста, в отличие от научных медицинских текстов, составленных на русском языке, в английских текстах предпочтение отдаётся неличным формам глагола, таким как герундий, инфинитив, причастие, а так же пассивным конструкциям, что позволяет автору сделать описание процесса более полным, выбрать не субъективный, а объективный стиль изложения материала.



Как правило, автор использует Present Simple, Past Simple и Present Perfect. Времена группы Simple (we analyzed... мы проанализировали, we advise... мы советуем и т. д.) прекрасно справляются с основной задачей – донести информацию до реципиента [4, с. 12].

Работа с медицинскими текстами в рамках языковой подготовки по специальности тесно связана с изучением предметов по специальности. Классификация профессионального общения осуществляется по всем видам речевой деятельности.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование аутентичных текстов в качестве составляющей образовательного процесса способствует формированию у студентов иноязычной коммуникативной компетенции. При отборе текстов для чтения необходимо в первую очередь учитывать принцип достоверности информации, т.е. ее когнитивной ценности, а также принципа доступности, непротиворечивости и логики изложения, связь с уже изученным лексическим и грамматическим материалом.

## Литература

1. Дуванова Н. В. Врач-педиатр // Этика и деонтология в медицине // URL: <https://mcrb.tmbreg.ru/этика-и-деонтология-в-медицине/>.

2. Извекова Т. Ф. Особенности коммуникативных умений в структуре профессиональной компетентности современного специалиста / Т. Ф. Извекова, К. Н. Кислицын, А. Е. Тарасов // Довузовский этап обучения в России и мире: язык, адаптация, социум, специальность. Актуальные вопросы реализации образовательных программ на подготовительных факультетах для иностранных граждан: Сборник материалов V Международного конгресса преподавателей и руководителей подготовительных факультетов (отделений) вузов РФ и VI Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 17–20 ноября 2021 года. М: Государственный институт русского языка им. А.С. Пушкина, 2022. С. 188–192.

3. Медицинская деонтология: понятие и основные принципы. Современная научно-техническая академия. URL: <https://www.snta.ru/press-center/meditsinskaya-deontologiya-ponyatie-i-osnovnye-printsipy/>.

4. Пономаренко Л. Н., Мишутинская Е. А., Злобина И. С. Лингвостилистические особенности медицинских текстов в переводческом аспекте Гуманитарная парадигма. 2018. № 1 (4). С. 10–14.

5. Ростовцева П. П., Тарасова Л. Ю. Текст как средство обучения иностранному языку студентов неязыкового вуза. Мир педагогики и психологии. 2018. №3(20). С. 230–235.

6. Сикацкая П.А., Торяник Ю.С., Медникова Г.А., Реморова Е.Е., Сергеева Ю.А., Алексеева И.С. Сентенция как культурно-деонтологическая единица в современном образовательном дискурсе. Лингвистика и образование. 2022. Том 2 №4 (8). С. 73–82.

7. Смирнова Л. Е. Формирование аутентичного речевого поведения у студентов языковых вузов как условие развития коммуникативной компетенции на занятиях по иностранному языку. Вопросы гуманитарных наук. 2009. № 6. 221 с.

8. Снытникова Н. И. Комплексная обучающая модель формирования коммуникативной компетенции в условиях неязыковых факультетов университетов: на примере обучения студентов-экологов: дисс. канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2007. 296 с.

9. Черединова О. В., Краснова О. А., Романькова М. Н., Токарева Л. В. Интерпретация в профессиональном дискурсе // Электронный научно-методический журнал «Антропологическая дидактика и воспитание» // 2022. № 5. С. 140–150.

**Авторы:**

старший преподаватель **Варнакова Н. А.**

ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России

Россия, 630091, Сибирский федеральный округ, Новосибирская обл., г.Новосибирск,  
Красный проспект, 52

Телефон:+79137073424

E-mail: [nadya20112@yandex.ru](mailto:nadya20112@yandex.ru)

старший преподаватель **Левчук К. А.**

ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России

Россия, 630091, Сибирский федеральный округ, Новосибирская обл., г.Новосибирск,  
Красный проспект, 52

Телефон:+79538633083

E-mail: [karinna\\_trade@bk.ru](mailto:karinna_trade@bk.ru)

старший преподаватель **Лисица А. В.**

ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России

Россия, 630091, Сибирский федеральный округ, Новосибирская обл., г.Новосибирск,  
Красный проспект, 52

Телефон:+79529184363

E-mail: [anna-nechjeva@yandex.ru](mailto:anna-nechjeva@yandex.ru)

старший преподаватель **Попова И. В.**

ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России

Россия, 630091, Сибирский федеральный округ, Новосибирская обл., г.Новосибирск,  
Красный проспект, 52

Телефон:+79139415614

E-mail: [golenkova\\_irina@mail.ru](mailto:golenkova_irina@mail.ru)

старший преподаватель **Широких А. А.**

ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России

Россия, 630091, Сибирский федеральный округ, Новосибирская обл., г.Новосибирск,  
Красный проспект, 52

Телефон: + 79059375032

E-mail: [shaa25@mail.ru](mailto:shaa25@mail.ru)

# ПЕРЕВОД КАК ВИД МЕЖЪЯЗЫКОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

*О.В. Черединова, О.А. Краснова, М.Н. Романькова, Л.В. Токарева*  
Новосибирский государственный медицинский университет, Россия

Формирование специалиста в профессионально-ориентированном пространстве должно формироваться через создание определенного уровня иноязычной профессиональной коммуникативной компетентности. Одним из средств коммуникации является перевод, который осуществляется в рамках двуязычия и взаимовлияние языков неизбежно. Адекватный перевод предполагает правильную, точную и полную передачу содержания. Но, поскольку между лексическими и грамматическими явлениями двух различных языков нет полного соответствия, при переводе часто приходится пользоваться всевозможными лексическими и грамматическими трансформациями, а от переводчика зависит сохранение информации первоисточника и адекватность перевода в контексте адаптации текстового материала.

**Ключевые слова:** профессионально-ориентированное пространство, язык оригинала, лексические и грамматические трансформации, буквальный перевод

## TRANSLATION AS A TYPE OF INTERLANGUAGE TRANSFORMATION

*O.V. Cheredinova, O.A. Krasnova, M.N. Roman'kova, L.V. Tokareva*  
Novosibirsk state medical university, Novosibirsk, Russia

The formation of a specialist in a professionally-oriented space should be formed through the creation of a certain level of foreign language professional communicative competence. One of the means of communication is translation carried out within the framework of bilingualism among different languages. An adequate translation presupposes correct, accurate and complete translation of the context. But since there is no complete correspondence between the lexical and grammatical phenomena of two different languages, when translating it is often necessary to use all kinds of lexical and grammatical transformations and it depends on the translator to preserve the information of the original source and the adequacy of the translation in the context of adapting the text material.

**Keywords:** professionally-oriented space, original language, lexical and grammatical transformations, literal translation

В современном мире, одной из главных характеристик которого является стремительное развитие науки и техники, знание английского языка и возможность получать информацию в ходе образовательного процесса из разных оригинальных источников считается естественной необходимостью. К будущему специалисту предъявляются новые требования, а именно, формирование специалиста в профессионально-ориентированном

пространстве должно формироваться через создание определенного уровня иноязычной профессиональной коммуникативной компетентности [5].

Обучение иностранному языку в медицинском вузе включает в себя много составляющих, но основное внимание уделяется все-таки переводу научных текстов. Как известно, перевод является одним из средств коммуникации и осуществляется в рамках двуязычия. Так, Бархударов Л.С. считает перевод определенным видом межъязыковой трансформации. Если первоисточник представляет собой научный текст, то его необходимо перевести так, чтобы были соблюдены все требования, характерные для научного стиля. Научный же стиль английского языка имеет свои специфические особенности, которые приходится учитывать при переводе научных статей с английского на русский язык, что требует от переводчика грамотного соотнесения грамматических конструкций и лексического состава одного языка с другим, с учетом специфики научного стиля в целом [3]. И, поскольку, обучение навыкам перевода тесно связано с другими аспектами обучения иностранному языку, обязательным условием успешного овладения такими навыками является глубокое знание иностранного языка, что предполагает изучение студентами различных лексических и грамматических конструкций и возможных трансформаций языка оригинала на язык перевода. Кроме этого, огромную роль при выборе правильного эквивалента в процессе перевода текста играет наличие специальных знаний в данной области науки и, во многом, зависят от их правильной интерпретации. Таким образом именно переводчик является непосредственным участником процесса межкультурного и межъязыкового общения, и от него зависит сохранение информации первоисточника и адекватность перевода в контексте адаптации текстового материала, который представляет собой «перевод, соответствующий оригиналу; перевод, при котором наиболее полно передан смысл текста путем точных эквивалентов или удовлетворительных субститутов всех применяемых автором средств» [6]. Перевод научного текста должен абсолютно точно передать смысл оригинала в той форме, которая по возможности является наиболее близкой к форме оригинала. Критерием оценки может быть степень близости к оригиналу, качество языкового оформления текста, степень эквивалентности, жанрово-стилистическая правильность перевода, компетентность переводчика [2].

Как известно, грамматическая категория есть реально существующее в языке единство значения и средств его формально-грамматического выражения [7]. Но, поскольку между грамматическими явлениями двух различных языков ни на уровне формы, ни на уровне значения нет полного соответствия, при переводе возникают трудности, связанные именно с грамматикой. Так, некоторые грамматические явления и категории, которые характерны для одного языка, могут отсутствовать в другом. Например, в русском языке нет такого понятия как артикль, нет слов-заменителей, оборотов типа *There is /are*, нет абсолютных причастных оборотов и сложных инфинитивных конструкций, а в английском языке нет деепричастия, нет слова *свой*. Однако и таким явлениям грамматики можно найти адекватные

средства выражения. Поиск таких средств выражения связан со всевозможными лексическими и грамматическими трансформациями.

Естественно, существуют предложения типа *He studies at the medical university* (*Он учится в медицинском университете*), где перевод сводится к замене одних языковых знаков другими. Но подобные предложения являются довольно редкими. Подобные предложения являются примерами синтаксического уподобления или дословного перевода и представляет собой тип «нулевой трансформации», при котором синтаксическая структура оригинала преобразуется в аналогичную структуру языка перевода. На практике же переводчик сталкивается с широким кругом трансформаций, к числу которых относится замена пассивной конструкции активной (*A new method was used by the surgeon.* - *Хирург использовал новый метод*), использование безличных и неопределенно-личных конструкций, замена существительного глаголом (*My sister is a good dancer.* - *Моя сестра хорошо танцует*), подлежащего обстоятельством и т.д. Из наиболее употребительных способов перевода с помощью трансформаций можно выделить следующие: изменение порядка слов, синтаксические развертывания, антонимический перевод, культурно-ситуативную замену, функциональную замену, прием лексического добавления или опущения, прием конкретизации, обобщения, уточнения и т.д.

Для английского языка характерны более экономные способы выражения мысли по сравнению с русским языком, то есть русский язык является более дискретным, чем английский, а это ведет к расширению объема переводимого текста. Эта закономерность отражается в переводе с помощью переводческого приема, называемого членением предложений. Членение предложения - способ перевода, при котором синтаксическая структура предложения в оригинале преобразуется в две или более предикативные структуры переводящего языка. Эта трансформация обусловлена структурно-типологическими расхождениями синтаксиса исходного и переводящего языка. [4]. При переводе текста можно также сталкиваться с трансформациями, которые по своей сути являются противоположными: добавлениями в тексте, с одной стороны, и опущениями, с другой (*vital functions* - *жизненно важные функции*, *oral health education* - *обучение уходу за полостью рта*). Опускаются прежде всего строевые элементы такие как артикли, глаголы-связки, местоимения, парные синонимы и т.д. (*He is performing an experiment.* - *Он проводит эксперимент*). До недавнего времени сравнительный анализ языков осуществлялся, главным образом, в плане грамматики. В настоящее время, однако, внимание все чаще обращается к лексико-фразеологической проблеме сопоставления языков. Так, для успешного перевода медицинских статей с английского языка на русский важно знать специальные термины и их эквиваленты на русском языке. Такие термины тщательно определяются, значительно облегчают чтение и способствуют динамическому формированию и «сцеплению» мыслей. В определении принципов перевода может помочь распределение терминов по группам. Одни термины не создают трудностей при переводе, поскольку являются интернациональными

медицинскими терминами греко-латинского происхождения и переводятся при помощи транслитерации, то есть путем воссоздания их формы с помощью букв языка перевода (*diagnosis* - диагноз, *prognosis* - прогноз), или с помощью калькирования, то есть путем замены лексических единиц оригинала их лексическими соответствиями в языке перевода (*dentistry* - стоматология, *atrium* - предсердие). Другие термины обозначают понятия, которые существуют в англоязычных странах, и имеют общепринятые русские эквиваленты (*general Practitioner* - врач общей практики, *resident* - клинический ординатор). И, наконец, есть термины и словосочетания, которые обозначают понятия, существующие в англоязычных странах, но не имеют общепринятых русских эквивалентов перевод (e.g. *over the counter drugs* – лекарства, продаваемые без рецепта, *in-patient department* – стационарное отделение). В таких случаях используется описательный перевод. Он заключается в «раскрытия или развертывания сущности того или иного предмета (явления) через некоторое многообразие иных предметов и явлений», то есть представляет собой метод замены лексической единицы оригинального языка на сочетание слов, совпадающих с ней по значению. Данный метод дает возможность восстановить пробелы в информации текста оригинала и достичь адекватного перевода, поскольку контекстуально неадекватный выбор лексических единиц ведет к искажению смыслового содержания и является одной из переводческих ошибок и, кроме этого, в интерпретации текстов разными переводчиками возможны значительные расхождения.

Специальный перевод предназначен для определенных областей знаний, которые постоянно связаны с лексическими нововведениями. Это могут быть лексические заимствования, которые подчиняются грамматическим нормам языка перевода и занимают соответствующее место в его словарном запасе. Поэтому широкое распространение в текстах имеют так называемые интернационализмы, которые могут оказывать деструктивное влияние при переводе с одного языка на другой, так как могут иметь в разных языках совершенно иные значения (*intelligence* - ум, интеллект, а не интеллигентность). Отсутствие эквивалента слову в языке при переводе вынуждает переводчика калькировать или транслитерировать это слово, что часто вызывает лексическую интерференцию. Особенно это касается группы интернациональных слов, которая известна как «ложные друзья переводчика», потому что такие слова совпадают по графическому написанию, и их звучание напоминает русские слова. Естественно, студентам, которые переводят текст с английского языка, приходят на ум аналогичные слова, которые в русском имеют совершенно другие значения. Например, английское слово *complexion* - цвет лица ошибочно переводят русским словом *комплексия* - телосложение, слово *accurate* - точный, они переводят словом *аккуратный*. Особенно это характерно для специальных научных текстов, так, например, в медицинских текстах *administration* - назначение, а не администрация; *manifestation* - проявление, а не манифестация; *dramatic* - важный, а не драматически).

В заключение следует отметить, что стилистические средства языка, на который делается перевод, служат не для копирования особенностей формальной организации языка оригинала, а для передачи стилистических функций, выполняемых элементами текста подлинника. То, что невозможно в отношении отдельного элемента, возможно в отношении сложного целого - на основе выявления и передачи смысловых функций отдельных единиц [4], а коренные различия в синтаксической природе языков предопределяют широкое использование трансформаций при переводе, использование которых, тем не менее, должно быть строго обоснованным и разумным.

### **Литература**

1. Ахмедова Ф.А. Контрастивное исследование глагольных фразеологизмов как средство развития межкультурной коммуникации // Язык и культура: материалы международной научно-практической конференции Борисоглебск, 16-17 ноября 2010 г. - Борисоглебск: ГОУ ВПО БГПИ, 2010. 39 с.
2. Вайнрах У. Одноязычие и многоязычие // Новое в лингвистике / Под ред. В.Ю. Розенцвейга. Вып 6. М., 1972. 27 с.
3. Василенко А.П. Собственно фразеологический корпус языка // Язык и культура: материалы международной научно-практической конференции Борисоглебск, 16-17 ноября 2010 г. - Борисоглебск: ГОУ ВПО БГПИ, 2010. 96 с.
4. Давыдова В.В. О роли синтаксиса в переводе // Материалы VI всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профессионально компетентная личность в мировом образовательном пространстве». - Новосибирск: Сибмедиздат НГМУ, 2012. - 89 с.
5. Извекова Т.Ф., Кислицын К.Н., Тарасов А.Е. Особенности коммуникативных умений в структуре профессиональной компетентности современного специалиста// В сборнике: довузовский этап обучения в России и мире: язык, адаптация, социум, специальность. Актуальные вопросы реализации образовательных программ на подготовительных факультетах для иностранных граждан. Сборник материалов V Международного конгресса преподавателей и руководителей подготовительных факультетов (отделений) вузов РФ и VI Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2022, С. 188-192
6. Катермина В.В., Жаворонкова В.Б. Фоновые знания как средство достижения адекватного перевода// Журнал филологических исследований. – Том 7, № 3, 2022

### **Авторы**

Старший преподаватель **Черединова О.В.**  
НГМУ  
630091 Новосибирск, Красный проспект, 52  
E-mail: ocheredinova@bk.ru

Доцент **Краснова О.А.**  
НГМУ  
E-mail: Lngvolga@gmail.com

Старший преподаватель **Романькова М.Н.**  
НГМУ  
E-mail: maroman2015@yandex.ru

Старший преподаватель **Токарева Л.В.**  
НГМУ  
E-Mail: [lvtokareva52@mail.ru](mailto:lvtokareva52@mail.ru)

# ЛАТИНСКАЯ ПОЭЗИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОСВОЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

*Ю.С. Торьяник, П.А. Сикацкая*

Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия

Данная статья посвящена проблеме методики преподавания латинского языка студентам-медикам, в частности, узкоспециальной медицинской терминологии, состоящей из лексем-полисемантов, встречающихся в латинском литературном языке. Благодаря многозначности лексика из поэтических произведений может использоваться в качестве материала для упражнений на узнавание тех или иных лексем, являющихся медицинскими терминами в обиходе студента-медика. В исследовании описан положительный опыт введения в учебно-методический комплекс упражнений на закрепление лексического материала с использованием латинских поэтических произведений широко известных авторов – Овидия и Катуллы.

**Ключевые слова:** латинский язык, поэзия, методика преподавания, медицинская терминология, лексика.

## LATIN POETRY AS A TOOL FOR MASTERING MEDICAL TERMINOLOGY

*Y.S. Toryanik, P.A. Sikatskaya*

Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

**Abstract.** This article is devoted to the problem of teaching the Latin language to medical students, in particular, highly specialized medical terminology, consisting of polysemantic lexemes found in the Latin literary language. Due to the ambiguity, vocabulary from poetic works can be used as a material for exercises on the recognition of certain lexemes, which are medical terms in the everyday life of a medical student. The study describes the positive experience of introducing into the educational and methodological complex exercises using Latin poetic works of well-known authors – Ovid and Catullus.

**Keywords:** Latin language, poetry, method of teaching, medical terms, vocabulary.

Язык – это система, которая функционально многогранна. Помимо основной – коммуникативной – функции языка, немалое значение имеет его эстетическая сторона. Эстетическая функция участвует в процессе формирования творческого мышления, учит нестандартно подходить к решению задач, в том числе учебных. Таким образом, изучать язык можно и нужно не только на материале упражнений, но и на материале литературного языка. Например, в медицинском вузе распространенной методической практикой является обучение латинскому языку с помощью предложений и афоризмов. «Студентам предлагается к рассмотрению определенное количество предложений».

Обучающиеся, разбирая и заучивая их, тренируют умения и навыки, требуемые рабочей программой дисциплины, например, умение правильно читать и писать по-латински, знать элементы латинской грамматики,



объяснять особенности языковых единиц посредством анализа культурно-исторических фактов» [1, с. 75]. Так студенты осваивают трудный грамматический материал более успешно и быстро.

Также знакомство с литературным материалом, казалось бы, древнего языка мотивирует студентов продолжать его изучение и культурно вовлекаться в дискурс путём участия в ежегодных поэтических конкурсах чтецов латинских стихотворений и иных конкурсах, к примеру, на знание латинской афористики. В результате студенты-медики заканчивают курс латинского, будучи начитанными и эрудированными, и умело ориентируются как в терминологической базе, так и в общекультурной, однако латинская не входит в их активный словарный запас [3, с. 87]. Новизна данного метода обучения заключается в том, что для студентов-медиков первостепенна терминология, а латинская литература обычно изучается в курсе других гуманитарных специальностей, например, на филологии.

Однако при всем лексическом разнообразии литература, в частности поэзия, также может являться эффективным средством изучения терминологии и, на наш взгляд, может использоваться для обучения студентов-медиков, несмотря на узкоспециальные ограничения.

Объектом нашего исследования является медицинская терминология в поэтических текстах. Предметом – функционирование лексических единиц с медицинским значением в поэтических текстах. Цель: оценить эффективность использования литературных текстов в процессе обучения студентов-медиков. Ход нашего исследования определялся следующими задачами:

1. Составление упражнений на лексический пласт языка: на узнавание и установление значения, на определение лексико-грамматического разряда лексем, на определение грамматической формы глагола.
2. Апробация упражнений на практическом занятии.
3. Опрос студентов о качестве усвоения ими знаний, сбор мнений о занимательности данных упражнений.

С точки зрения теоретической значимости данная статья может пополнить фонд общепринятых формулировок и структур упражнений на лексику и грамматику, тем самым повышая качество усвоения знаний. Кроме того, исследование способствует пополнению материальной базы, на основе которой изучается теоретический материал. Практическая ценность исследования заключается в том, что составленные нами упражнения могут быть полезны для составителей учебных пособий, чтобы дополнить и разнообразить задания на грамматику и лексику. В качестве эксперимента нами были составлены упражнения на знание медицинской терминологии, в основу которых легли отрывки поэтических произведений на латинском языке. В заданиях студентам предлагается лексика на узнавание – выделить в стихах знакомый термин: узнать его по внешнему облику (в том числе в разных грамматических формах), а также определить по словарю, в медицинском ли значении он употреблен. Таким образом, происходит активизация лексического материала, заявленного в курсе латинского языка [2, с. 144].

На первом занятии студентам предлагается к ознакомлению текст студенческого гимна *Gaudeamus*, поэтому в упражнениях на последующих практических занятиях гимн активно используется. К примеру, одно из заданий по лексике анатомического и клинического разделов:

Задание 1. Найдите анатомические и клинические термины в куплетах гимна *Gaudeamus*. Укажите часть речи и грамматическую форму, в которой употреблены лексемы.

*Vita nostra brevis est,*

*Brevi finietur.*

*Venit mors velociter,*

*Rapit nos atrociter,*

*Nemini parceretur!*

*Vivat Academia!*

*Vivant professores!*

*Vivat membrum quodlibet!*

*Vivant membra quaelibet!*

*Semper sint in flore!*

Искомые термины: *vita*, *brevis*, *breve*, *mors*, *membrum*, *membra*. Знание грамматических категорий имеет немалое значение для корректного построения медицинских терминов. Другой тип заданий – на поиск лексем в словарях и в первоисточнике, а также его переводах на удобный язык, обычно это русский (термины-ответы подчёркнуты).

Задание 2. Найдите анатомические термины в отрывках из «Метаморфоз» Овидия и, обратившись к переводу, определите, употреблены ли термины в медицинском значении:

P. OVIDI NASONIS METAMORPHOSEON LIBER SEXTVS ...*ipsa quoque interius cum duro lingua palato congelat, et venae desistunt posse moveri...*

P. OVIDI NASONIS METAMORPHOSEON LIBER TERTIVS *ut vero vultus et cornua vidit in unda, 'me miserum!' dicturus erat: vox nulla secuta est!* P. OVIDI NASONIS EPISTVLAE HEROIDVM *Ut monuit, cum voce abiit. ego frigida surgo nec lacrimas oculi continuere mei.*

Искомые термины: *duro*, *lingua*, *palato*, *venae*, *cornua*, *vox*, *voce*, *lacrimas*, *oculi*. Данные упражнения знакомят обучающихся с понятием полисемии, поскольку многозначные термины встречаются в медицинской практике нередко. Наконец, некоторые упражнения подразумевают обращение к теоретическому материалу по грамматике. К слову, для таких целей можно использовать любые поэтические тексты.

Внедряя данные упражнения в учебный процесс, мы ожидали положительной реакции студентов, и ожидания оправдались. Нами был проведён опрос по итогам апробационного практического занятия с заданиями подобного типа, в ходе которого учащимся было предложено анонимно оценить все три типа упражнений по пятибалльной шкале, и 84% опрошенных оценило их высшим баллом. 10% опрошенных оценили на 4 балла первое упражнение и указали, что определение грамматических форм вызвало затруднения и заняло больше времени, чем мы предполагали. Наконец, 6%

опрошенных оценили как трудоёмкое третье задание, так как оно предполагает обращение к этимологическому словарю, что не является частой практикой студентов-медиков.

### **Заключение**

На основе проведённого нами эксперимента мы можем заключить, что упражнения на знание медицинской лексики, базирующиеся на поэтическом материале, – эффективная методика закрепления лексического материала. В качестве перспективы нашего исследования мы планируем ввести данные упражнения в учебно-методические материалы нашего университета по преподаванию дисциплины «Латинский язык».

### **Литература**

1. Сикацкая П. А., Торяник Ю. С., Медникова Г. А., Реморова Е. Е., Сергеева Ю. А., Алексеева И. С. Сентенция как культурно-деонтологическая единица в современном образовательном дискурсе // *Лингвистика и образование*. 2022. Т. 2. №4(8). С. 73–82.
2. Черединова О. В., Краснова О. А., Романькова М. Н., Токарева Л. В. Интерпретация в профессиональном дискурсе // *Антропологическая дидактика и воспитание*. 2022. Т. 5, № 5. С. 140–150.
3. Широких А. А., Левчук К. А., Варнакова Н. А., Попова И. В., Лисица А. В., Иванова А. Д. Роль лексических единиц в формировании активного и пассивного словарного запаса у студентов, в свете коммуникативного подхода при обучении иностранному языку // *Лингвистика и образование*. 2022. Т. 2, № 4 (8). С. 83–98.

#### **Авторы:**

##### **Торяник Ю. С.**

Новосибирский государственный медицинский университет,  
630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Красный проспект, 52  
Телефон: +79130646612  
E-mail: [keshapiroff@gmail.com](mailto:keshapiroff@gmail.com)

##### **Сикацкая П.А.**

Новосибирский государственный медицинский университет,  
630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Красный проспект, 52  
Телефон: +79133779320  
E-mail: [polinas1998@mail.ru](mailto:polinas1998@mail.ru)

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*А.А. Сасова, П.А. Зеленкевич*

Международный университет «МИТСО», Минск, Беларусь

Статья посвящена анализу правовых аспектов современного состояния электроэнергетики в Республике Беларусь. Рассматриваются законодательные акты, регулирующие соответствующую отрасль, проблемы и перспективы развития электроэнергетики, включая внедрение возобновляемых источников энергии и обеспечение энергетической безопасности страны.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, правовое регулирование, Республика Беларусь, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность.

## ELECTRIC POWER INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF BELARUS: LEGAL REGULATION AND DEVELOPMENT PROSPECTS

*P.A. Zelenkevich, A.A. Sasova*

International University «MITSO»

This paper analyzes the current state of the electric power industry in the Republic of Belarus. Legislative acts regulating the industry, challenges, and development prospects, including the implementation of renewable energy sources and ensuring energy security of the country, are considered.

**Keywords:** electric power, legal regulation, Republic of Belarus, renewable energy sources, energy security.

Электроэнергетика является одной из ключевых отраслей экономики Республики Беларусь, которая обеспечивает устойчивое развитие промышленного сектора и удовлетворение потребностей населения в энергии. Стратегическое значение электроэнергетики связано с необходимостью обеспечения энергетической безопасности и стабильности энергоснабжения. Введение атомной энергетики и развитие возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) являются одними из ключевых направлений государственной энергетической политики.

Законодательное регулирование электроэнергетики в Республике Беларусь опирается на комплекс нормативных правовых актов, обеспечивающих правовые рамки функционирования энергетической системы. К ним, в частности, относятся Закон Республики Беларусь от 8 января 2015 г. № 239-З «Об энергоснабжении» [1], регулирующий все аспекты генерации, передачи и распределения электроэнергии, Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года [2], Закон Республики Беларусь от 10 октября 2022 г. № 208-З «О регулировании безопасности при использовании атомной энергии»

[3], регулирующий эксплуатацию Белорусской атомной электростанции и вопросы безопасности.

Электроэнергетическая система Республики Беларусь тесно интегрирована с соседними странами, такими как Российская Федерация, Республика Литва и Республика Польша. Эта интеграция позволяет эффективно использовать внутренние ресурсы, а также импортировать электроэнергию в случае необходимости, обеспечивая стабильность энергоснабжения и доступ к разнообразным источникам энергии. Кроме того, Республика Беларусь имеет возможности для экспорта электроэнергии, что способствует развитию внешней торговли и укреплению энергетической безопасности.

Основные источники электроэнергии в Республике Беларусь включают:

- Тепловые электростанции — производят основную долю электроэнергии за счет сжигания природного газа, который импортируется из Российской Федерации. Важно отметить, что зависимость от импортируемого газа ставит под вопрос энергетическую независимость нашего государства и создает риск роста тарифов для потребителей.

- Белорусская атомная электростанция — новый источник энергии, запущенный в эксплуатацию в 2020 году, который вносит значительный вклад в энергоснабжение страны и снижает зависимость от импорта энергоресурсов. Однако эксплуатация атомной электростанции требует особого правового регулирования, включая строгий контроль за безопасностью и утилизацией отходов, что обусловлено международными стандартами и соглашениями.

- Гидроэлектростанции — играют второстепенную роль в энергетическом балансе страны, однако использование их потенциала продолжается в рамках государственной программы, поддерживаемой соответствующим законодательством.

- Возобновляемые источники энергии — активно развиваются солнечная и ветровая энергетика, что способствует диверсификации источников электроэнергии.

Среди основных правовых вызовов, с которыми сталкивается Республика Беларусь в сфере электроэнергетики в настоящее время является недостаточное стимулирование ВИЭ. По нашему мнению, требуется внесение изменений в действующее законодательство для поддержки частных инвесторов, включая налоговые послабления или обязательные квоты на использование ВИЭ, что поможет усилить правовые механизмы для диверсификации энергобаланса. Присутствует также недостаточный правовой контроль за безопасностью атомной энергетика. Сравнительный анализ международных стандартов показывает, что Республика Беларусь может усилить надзор за безопасностью в атомной отрасли, в том числе путем адаптации норм, регулирующих утилизацию радиоактивных отходов.

В области электроэнергетической политики следует изучить опыт зарубежных государств. Германия, например, известна масштабной

программой перехода к возобновляемым источникам энергии. Германия демонстрирует успешный пример энергетического перехода, известного как «*Energiewende*» — политики, направленной на сокращение доли ископаемого топлива и отказ от атомной энергетики. Германия использует сочетание экономических и правовых инструментов, направленных на развитие солнечной и ветровой энергетики. Один из важнейших механизмов — «зелёные тарифы» (feed-in tariffs), которые гарантируют производителям ВИЭ долгосрочные контракты с фиксированными тарифами на электроэнергию, а также субсидии и льготы для малых предприятий и домохозяйств. Кроме того, в Германии принята стратегия полной декарбонизации экономики к 2045 году, что подкреплено правовыми обязательствами и строгими стандартами по снижению выбросов парниковых газов. Законодательство по ВИЭ и энергоэффективности способствует стимулированию инноваций, внедрению интеллектуальных сетей и систем хранения энергии. Эта информация закреплена в Законе об энергетической эффективности [4].

Российская Федерация является крупным мировым производителем традиционных энергоресурсов и развивает атомную энергетику также на высоком уровне, оставаясь крупнейшим поставщиком энергоресурсов для Республики Беларусь и активно развивая атомную энергетику, которая играет важную роль в энергобалансе страны. Российская Федерация занимает лидирующие позиции в мире по числу атомных электростанций и имеет развитую законодательную базу для обеспечения безопасности атомной энергетики это указано в Федеральном законе №170-ФЗ от 21 ноября 1995 года «Об использовании атомной энергии». Российские стандарты безопасности включают строгий контроль за всеми этапами — от строительства и эксплуатации до утилизации радиоактивных отходов. Республика Беларусь может использовать российский опыт для усиления правового регулирования в области атомной энергетики, включая разработку программ по безопасному обращению с отходами. В настоящее время Российская Федерация реализует несколько программ по улучшению энергоэффективности промышленных объектов, снижению выбросов углекислого газа и созданию «умных» энергетических систем. Программы субсидирования энергоэффективности в промышленном секторе и поддержка использования современных технологий позволили Российской Федерации повысить общий уровень эффективности и устойчивости энергосистемы [5].

### **Заключение**

Таким образом, развитие электроэнергетики в Республике Беларусь требует интеграции экономических, правовых и правоприменительных аспектов. Экономически страна нацелена на энергобезопасность, снижая импорт ресурсов и поддерживая развитие атомной и возобновляемой энергетики. Однако правовое регулирование в этой сфере остается ограниченным: для поддержки ВИЭ необходимы налоговые льготы и обязательные квоты, а атомная энергетика нуждается в усилении контроля

за безопасностью и утилизацией отходов. Кроме того, применение опыта других стран может помочь Республике Беларусь улучшить правовое регулирование в области ВИЭ. Однако для выполнения поставленных задач потребуется усиленное правовое регулирование, включая обязательства по развитию ВИЭ, как, например, это было сделано в энергетической стратегии Российской Федерации.

### **Литература**

1. Об энергоснабжении [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 8 января 2015 г. № 239-З: в ред. Закона Республики. Беларусь от 24 мая 2021 г. № 111-3 // Консультант Плюс: Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. Центр правовой информации. Республики. Беларусь. – Минск, 2024. – Дата доступа: 20.11.2024.
2. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс] / Министерство экономики Республики Беларусь. – Минск, 2024. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf>. – Дата доступа: 16.10.2024.
3. О регулировании безопасности при использовании атомной энергии [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 10 окт. 2022 г. № 208-З // Консультант Плюс: Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. Центр правовой информации. Республики. Беларусь. – Минск, 2024. – Дата доступа: 20.11.2024.
4. Постановление об энергосбережении (EnEV) [Электронный ресурс] / Федеральное министерство экономики и защиты климата Германии. – Берлин, 2024. – Режим доступа: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Gesetze/Energie/EnEV.html>. – Дата доступа: 16.10.2024.
5. Новая комплексная государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://energiavita.ru/2023/11/10/novaya-kompleksnaya-gosudarstvennaya-programma-rossijskoj-federacii-ehnergoberezhenie-i-povyshenie-ehnergeticheskoy-ehffektivnosti/>. – Дата доступа: 05.12.2024.

### **Авторы:**

Студент, **Зеленькевич П.А.**

УО ФПБ «Международный университет «МИТСО»

220099, Беларусь, г. Минск, улица Казинца 21/3

Телефон: +375 29 257-68-44

E-mail: [peterzelenkevich2006@gmail.com](mailto:peterzelenkevich2006@gmail.com)

Научный руководитель:

Преподаватель кафедры международного права, **Сасова А.А.**

УО ФПБ «Международный университет «МИТСО»

220099, Беларусь, г. Минск, улица Казинца 21/3

Телефон: +375 (17) 279-98-51

E-mail: [arinasasova\\_a@mail.ru](mailto:arinasasova_a@mail.ru)

# ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ЭНЕРГИИ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОЛОГИЙ В ЭПОХУ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*В.В.Голубев, Д.А.Зеленькевич*

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Статья посвящена анализу феноменологических аспектов восприятия энергии в контексте современных иммерсивных технологий. Рассматриваются способы трансформации интенциональности и осмысления энергии как феномена через использование виртуальной, дополненной и смешанной реальности, а также их влияние на экологическое сознание и устойчивое развитие. Особое внимание уделяется вопросам взаимодействия человека с энергией, возможности гуманистического применения технологий и этическим вызовам, связанным с их использованием.

**Ключевые слова:** феноменология энергии, иммерсивные технологии, виртуальная реальность, экологическое сознание, устойчивое развитие, технологическое взаимодействие.

## PHENOMENOLOGY OF ENERGY: INTERACTION BETWEEN MAN AND TECHNOLOGY IN THE ERA OF VIRTUAL REALITY

*D.A. Zelenkevich, V.V. Golubev*

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The article is devoted to the analysis of phenomenological aspects of energy perception in the context of modern immersive technologies. The ways of transforming intentionality and understanding energy as a phenomenon through the use of virtual, augmented and mixed reality, as well as their impact on environmental consciousness and sustainable development, are considered. Particular attention is paid to the issues of human interaction with energy, the possibility of humanistic application of technologies and ethical challenges associated with their use.

**Keywords:** phenomenology of energy, immersive technologies, virtual reality, environmental consciousness, sustainable development, technological.

Энергия всегда занимала центральное место в человеческом опыте, оставаясь не только физическим, но и культурным феноменом, который определяет наше понимание мира и себя в нём [1, с. 12]. Традиционное восприятие энергии как материального ресурса, доступного для эксплуатации, трансформируется под влиянием технологического прогресса [2, с. 45]. В эпоху иммерсивных технологий, таких как виртуальная (VR), дополненная (AR) и смешанная реальность (MR), энергия начинает рассматриваться не только через физические характеристики, но и через призму сознания, эмоций и культурных практик [3, с. 98]. Эти технологии становятся медиаторами восприятия, визуализируя энергетические процессы, моделируя их и интегрируя в повседневность [4, с. 133]. Возникает необходимость осмыслить,



как новые формы взаимодействия с энергией меняют её значение для человека, переходя от физической к феноменологической интерпретации [1, с. 115].

С точки зрения физики, энергия определяется как способность системы совершать работу, её параметры можно измерить и использовать функционально [2, с. 67]. Однако феноменологический подход открывает новый ракурс анализа: энергия воспринимается не только как объект науки, но и как явление, раскрывающееся в поле человеческого опыта [1, с. 134]. Она становится частью экзистенциального бытия, формируя восприятие времени, пространства и телесности [4, с. 88]. Например, солнечная энергия, преобразуемая в электричество, переживается не только как технический ресурс, но и как источник света и тепла, символически представляющий связь человека с природой [3, с. 72].

Феноменология позволяет понять энергию как явление, которое структурирует опыт через взаимодействие с миром. Этот подход подчёркивает необходимость интеграции философского осмысления, выходящего за рамки функциональной интерпретации, что позволяет раскрыть многомерность энергии в материальном, символическом и культурном аспектах [2, с. 50].

Иммерсивные технологии играют ключевую роль в трансформации восприятия энергии, выступая медиаторами, которые меняют интенциональность — направленность сознания на объект [4, с. 120]. Они не только визуализируют энергетические процессы, но и делают их частью чувственного опыта [3, с. 65]. Например, VR-симуляции солнечных или ветровых ферм позволяют человеку не только наблюдать за энергетическими объектами, но и ощущать их связь с природными циклами, формируя глубокое осознание их динамики [4, с. 111]. Эти технологии меняют акцент с объективного анализа энергии на субъективный опыт. Они становятся не просто инструментами визуализации, но посредниками, реконструирующими восприятие, обогащая его новыми смыслами [1, с. 132]. Таким образом, они расширяют границы человеческого опыта, позволяя увидеть энергию как интегральную часть экологического и культурного контекста [2, с. 92].

Феноменологический анализ энергии через иммерсивные технологии включает три ключевых аспекта:

**Время.** Виртуальная реальность позволяет моделировать энергетические процессы в их временной перспективе, демонстрируя цикличность или долгосрочные последствия использования ресурсов. Например, в симуляциях можно увидеть, как солнечные панели теряют эффективность со временем, что способствует осознанию долгосрочных изменений [3, с. 111].

**Пространство.** Технологии создают возможность воспринимать энергетические системы как глобальный феномен. VR и AR позволяют исследовать возобновляемые источники энергии, такие как солнечные или ветровые станции, не находясь в непосредственной близости. Это меняет традиционное локализованное восприятие энергии, подчёркивая её глобальную значимость [2, с. 118].

Телесность. Включение телесного опыта через технологии (например, использование VR-перчаток) позволяет человеку физически ощущать энергию. Это усиливает её воспринимаемую «реальность», делая взаимодействие с энергией не только умозрительным, но и чувственно переживаемым [4, с. 124].

Иммерсивные технологии помогают раскрыть скрытые аспекты энергетических процессов, делая их более доступными для человеческого восприятия. Однако их развитие требует критического осмысления. Традиционные исследования фокусируются на функциональных аспектах технологий, игнорируя феноменологический аспект — то, как энергия воспринимается и переживается человеком через эти технологии [1, с. 140].

Феноменология предлагает уникальный метод анализа, обращая внимание на переживание энергии как явления, возникающего в результате взаимодействия человека и технологий [2, с. 102]. Такой подход позволяет выявить не только новые возможности, но и потенциальные риски, связанные с утратой материальной сущности энергии или инструментализацией сознания [3, с. 150]. Иммерсивные технологии (VR, AR, MR) всё чаще выступают посредниками во взаимодействии человека с миром, открывая как возможности, так и риски [4, с. 143]. С феноменологической точки зрения важно понять, как они влияют на восприятие энергии и её место в человеческом опыте [1, с. 111].

Одна из проблем заключается в утрате связи с материальной сущностью энергии, когда она воспринимается как абстрактный цифровой объект. Виртуальные симуляции могут упрощать сложность энергосистем, игнорируя реальный контекст: зависимость от природных ресурсов и экологические последствия. Это дистанцирование ослабляет осознание роли энергии как ресурса, требующего бережного использования [2, с. 76].

Кроме того, технологии способны инструментализировать сознание, формируя заданные образы. Например, идеализированные модели возобновляемой энергии в VR могут создавать утопические ожидания, не отражающие реальных трудностей. Это поднимает вопросы этической ответственности разработчиков технологий, которые должны помогать осмыслять, а не искажать реальность [3, с. 84].

Вместе с тем, эти технологии могут усиливать экологическую осознанность. VR-сценарии, показывающие последствия нерационального потребления энергии, вызывают эмоциональный отклик, стимулируя бережное отношение к ресурсам [4, с. 100]. AR/MR интегрируют данные об энергосистемах в реальный контекст, позволяя ощутить их влияние на природу. Образовательные проекты с использованием иммерсивных технологий не только обучают, но и вовлекают пользователей в поиск устойчивых решений [1, с. 120].

Иммерсивные технологии, такие как виртуальная (VR), дополненная (AR) и смешанная реальность (MR), играют важную роль в развитии энергетики, предоставляя мощные инструменты для анализа, управления и оптимизации энергетических процессов. С их помощью можно создавать

детализированные виртуальные модели энергетических объектов, таких как солнечные панели или ветровые турбины, что позволяет тестировать их эффективность и надежность в различных сценариях до реального внедрения. AR-устройства обеспечивают доступ к данным в реальном времени о состоянии энергетического оборудования, интегрируя их в реальный контекст, что значительно ускоряет процесс диагностики и технического обслуживания. Эти технологии также находят широкое применение в профессиональной подготовке, обеспечивая моделирование сложных ситуаций и обучение специалистов безопасному управлению энергосистемами без риска реальных аварий. Кроме того, иммерсивные технологии способствуют повышению энергоэффективности за счет визуализации энергопотребления зданий и промышленных процессов, что упрощает принятие решений по их оптимизации. Интеграция данных через MR-системы позволяет анализировать энергосистемы в их реальном окружении, объединяя виртуальные модели с физической реальностью для повышения точности прогнозов и разработки устойчивых решений.

Иммерсивные технологии существенно трансформируют восприятие энергии, раскрывая её как феномен, соединяющий природу, человека и технологии [2, с. 134]. Однако их использование сопряжено с рисками утраты материального понимания энергии и создания утопических ожиданий. Вместе с тем, эти технологии обладают мощным потенциалом для формирования экологической осознанности, демонстрации взаимосвязей энергосистем и популяризации устойчивых решений. Будущее энергетики зависит от разработки технологий, которые не только визуализируют процессы, но и помогают глубже осмыслить их влияние на окружающую среду и наше существование [3, с. 150].

### **Литература**

1. Гуссерль, Э. Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология / Э. Гуссерль. — М.: Академический проект, 2004. — 318 с.
2. Хайдеггер, М. Бытие и время / М. Хайдеггер; пер. с нем. М. Гефтера. — М.: Ад Маргинем Пресс, 1997. — 348 с.
3. Мерло-Понти, М. Феноменология восприятия / М. Мерло-Понти. — М.: Академический проект, 2002. — 448 с.
4. Фенберг, А. Вопросы технологий / А. Фенберг. — М.: Издательский дом «Восточная литература», 2003. — 432 с.

### **Авторы:**

**Зеленькевич Дарья Александровна**, студентка, БГУ  
220030, Беларусь, г. Минск, улица Курчатова 5  
Телефон: +375 29 257 68 64  
E-mail: [dashazelenkewich@gmail.com](mailto:dashazelenkewich@gmail.com)

**Голубев Владимир Владимирович**, доцент кафедры коммуникативного дизайна, ФСК БГУ,  
220030, Беларусь, г. Минск, улица Курчатова 5  
Телефон: +375 29 331 60 36  
E-mail: [zbzdjh@gmail.com](mailto:zbzdjh@gmail.com)

# ЧТЕНИЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА НЕЯЗЫКОВОГО ВУЗА

*Ж.Б. Хушвахтова, Х.Х. Бариева*

Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В статье рассматриваются целевые установки в области обучения чтению на русском языке в неязыковом вузе в контексте диалога культур, а также рассмотрен психологический компонент содержания обучения чтению, включающий формирование у студентов комплекса умений, связанных с восприятием, пониманием и интерпретацией разного рода текстов с различной глубиной проникновения в их содержание.

**Ключевые слова:** ознакомительное чтение, изучающее чтение, поисковое чтение, просмотровое чтение, умения, восприятие, понимание, интерпретация, социокультурная компетенция.

## READING AS A FACTOR IN IMPROVING THE QUALITY OF LANGUAGE TRAINING OF FIRST-YEAR STUDENTS OF A NON-LINGUISTIC UNIVERSITY

*Zh.B. Khushvakhtova, H.Kh. Barieva*

National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)

The article examines the target settings in the field of teaching reading in Russian at a non-linguistic university in the context of a dialogue of cultures and also examines the psychological component of the content of reading, including the formation of a set of skills in students related to the perception, understanding and interpretation of various types of texts with varying depth of penetration into their content.

**Key words:** introductory reading, exploratory reading, search reading, skimming reading, skills, perception, understanding, interpretation, sociocultural competence.

В отечественной методике вопросы, посвященные чтению всегда занимали особое место. Проблемами чтения, в основе которого лежит сложная интеллектуальная активность человека, занимались многие исследователи (И. Л. Бим, А. А. Вейзе, И. А. Зимняя, З. И. Клычникова, А. А. Леонтьев, Г. В. Рогова, Т. С. Серова, С. К. Фоломкина, С. Ф. Шатилов и др.). Однако проблема обучения чтению на иностранном языке всегда остается актуальной, поскольку именно с помощью чтения текстов студенты, а в будущем специалисты технического профиля, смогут получать необходимую, профессионально значимую информацию из иноязычных печатных источников. По мнению Е. Н. Солововой неизменным и очевидным остается тот факт, что именно искусство чтения является системообразующей основой для формирования информационно-академических умений [1, 144].

В настоящее время подготовка специалиста все чаще рассматривается в контексте глобализации многих мировых процессов. Эти новые правила в

области экономики диктуют новый тип поведения в деловом мире. В связи с этим остро стоит необходимость подготовки специалиста нового типа, способного работать в новой деловой сфере, часто иноязычной, требующей хороших навыков владения как устной, так и письменной формами иностранного языка.

Таким образом, требования, предъявляемые вузовской программой к практическому владению иностранным языком, возрастают. В связи с необходимостью соответствовать международным стандартам, новым тенденциям глобального развития, базовым принципом обучения иностранному языку является формирование стандартов образовательных услуг, сопоставимых с уровнем ведущих европейских университетов, а также изучение и активное использование в процессе обучения прогрессивных образовательных технологий.

Однако необходимо обратить внимание на уровень языковой подготовки студентов при поступлении в вуз. С одной стороны, преподаватели неязыковых вузов зачастую начинают обучать студентов, имеющих уровни А1 и А2, т. е. демонстрирующих элементарное владение языком и лишь небольшое количество студентов, имеющих уровень В1, демонстрирующих самостоятельное владение языком.

С другой стороны, в курсе иностранного языка для неязыковых вузов предусматривается целенаправленная подготовка студентов к речевому взаимодействию, как в профессионально-деловой, так и в социокультурных сферах общения, что практически является недостижимым условием в рамках общего курса по иностранному языку в неязыковом вузе. Таким образом, целесообразно предложить на первом курсе неязыкового вуза использовать тексты с социокультурным содержанием для повышения общего уровня языковой подготовки студентов иностранному языку посредством усовершенствования умений в основных видах чтения, и постепенно с конца второго, в начале третьего семестра внедрять в учебный процесс научно-популярные тексты (тексты по специальности), так как они представляют наибольшую сложность для студентов и требуют определенного уровня сформированности умений в каждом виде чтения, а также языковую и речевую подготовку.

Важным условием формирования навыков и умений извлечения и перекодирования профессионально значимой информации является отбор текстов для чтения и их организация в определённую систему. Отбор текстового материала должен производиться в соответствии с требованиями содержательной стороны составляющих профессиональной компетенции, социокультурной компетенции, и с учетом интереса учащихся, обусловленных их возрастом. Таким образом, при отборе текстов для чтения преподавателю необходимо учитывать, прежде всего, принцип аутентичности информации, т. е. их познавательной ценности; а также принцип доступности, системности и логики изложения [2, 48].

Кроме того, использование таких материалов дает большие возможности демонстрации обучаемым особенностей как речевого, так и неречевого поведения носителей языка. Чтение текстов социокультурной направленности может использоваться для совершенствования знаний языка,

повышения мотивации к изучению предмета, совершенствования стратегий понимания читаемого, получения информации о культуре страны изучаемого языка и др.

Задачи, которые читающий решает в процессе чтения, условно можно объединить в три группы, соответствующие характеру переработки информации. «Задачи первой группы связаны с процессами восприятия графических комплексов и их перекодированием в значимые единицы; второй – с извлечением фактической информации, содержащейся в тексте; третьей – с осмыслением извлеченной информации» [5, 134]. Соответственно, различают умения, связанные с пониманием а) языкового материала (технические навыки или механизм чтения) и б) текста.

Следовательно, можно выделить следующие группы умений, необходимые для понимания читаемого, а также для повышения общего уровня языковой подготовки по иностранному языку студентов первого курса, формирования и развития социокультурной компетенции: – умения, связанные с восприятием информации текста; – умения, связанные с пониманием языкового материала; – умения, связанные с пониманием содержания текста; – умения, связанные с осмыслением содержания текста; – умения интерпретировать социокультурную информацию, содержащуюся в тексте.

В решение этих задач особую роль играет прогнозирование на смысловом уровне, так как читающий должен предвидеть продолжение и возможное завершение каждого фрагмента; – умения соотнести отдельные части текста (смысловые куски; факты, относящиеся к одной теме и т. д.) друг с другом: выстроить факты (события) в логической, хронологической последовательности, отличающейся от той, в которой они следуют в тексте; сгруппировать факты по какому-либо признаку; определить связь между фактами (событиями, явлениями); найти начало и конец темы и т. д. Умения этой группы обеспечивают полноту понимания, умения, связанные с осмыслением содержания текста. Они обеспечивают переработку извлеченной фактической информации, понимание на уровне смысла. Читающий не просто регистрирует факты по мере их извлечения, а подвергает их дальнейшей переработке, что, собственно, и приводит к пониманию текста как целостного речевого произведения.

Эти умения обеспечивают глубину понимания. К ним относятся: – умение вывести суждение или сделать вывод на основе фактов текста; предположить возможное развитие изложенного; – умение оценить изложенные факты или содержание в целом; – умение интерпретировать – понять подтекст или имплицитное значение текста. Принимая во внимание перечисленные умения, а также тот факт, что обучение чтению предлагается проводить на текстах социокультурной направленности, необходимо также выделить умения особого рода, а именно: воспринимать, понимать, усваивать, обсуждать, критически анализировать и сравнивать с фактами родной культуры социокультурную информацию, содержащуюся в тексте в соответствии с видом чтения.

Для повышения качества языковой подготовки студентов первого курса неязыкового вуза, а также формирования и развития социокультурной

компетенции необходимо сформировать все вышеперечисленные умения чтения текстов социокультурной направленности, а именно: – умения, связанные с восприятием информации текста; – умения, связанные с пониманием языкового материала; – умения, связанные с пониманием содержания текста; – умения, связанные с осмыслением содержания текста; – умения особого рода, а именно: воспринимать, понимать, усваивать, обсуждать, критически анализировать и сравнивать с фактами родной культуры социокультурную информацию, содержащуюся в тексте.

Таким образом, чтение текстов социокультурной направленности может быть средством для решения ряда задач: – формирование понимания сущности социокультурной компетенции и ее роли в процессе межкультурного общения; – повышение уровня языковой подготовки учащихся; – развитие умений восприятия, понимания и интерпретации текстов; – подготовка студентов неязыкового вуза к работе с узкопрофильными текстами.

### **Литература**

1. Белянин В., Психолингвистика. – М.: МПСИ, 2003.- 116.
2. Верещагин Е., Костомаров В., Язык и культура. 4-е издание, переработанное и дополненное М., 1990. – 131.
3. Клычникова З. И. Психологические особенности обучения чтению на иностранном языке: пособие для учителя. – М.: Просвещение, 1983. – 202.
4. Михайлов М., Двужычие и взаимовлияние языков//Проблемы двуязычия и многоязычия. М., 1972. – 122.
5. Саланович Н.А. Обучение чтению аутентичных текстов лингво-страноведческого содержания // Иностраный язык в школе. – 1999. – № 1.– 18–21.
6. Соловова Е. Н. Практикум к базовому курсу методики обучения иностранным языкам: учеб. пособие для вузов. – М.: Просвещение, 2004. – 192.
7. Суфиев Е. К проблеме психологии двуязычия//Русский язык в национальной школе. № 2. 1967.-56.
8. Фоломкина С. К. Обучение чтению на иностранном языке в неязыковом вузе. – М.: Высшая школа, 1987. – 207.
9. Фоломкина С. К. Указ.соч. Snegova Olga, Senior teacher, postgraduate student R.Y. Alekseev Nizhny N
10. Щерба Л., Языковая система и речевая деятельность. Л., 1984.-132.

### **Автор:**

Ст. преп. **Хушвахтова Ж.Б.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон:  
E-mail: [zhanna\\_19-70@mail.ru](mailto:zhanna_19-70@mail.ru)

Ст. преп. **Бариева Х.Х.**  
филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе,  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, 82  
Телефон:  
E-mail: [husni1974@list.ru](mailto:husni1974@list.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ .....	8
<i>Т.Ш. Гайибов, Т.У. Тошев, Ш.Ж. Тоштурдиев</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	8
<i>Р.А. Джалилов</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРЫВИСТОСТИ ВЕТРА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ .....	12
<i>И.Б. Махсумов</i> ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА ТАДЖИКИСТАНА: ВАЖНОСТЬ ДЛЯ СТРАНЫ И ПРИЧИНЫ ОТСУТСТВИЯ ПРИОРИТЕТНОСТИ.....	16
<i>Х.М. Шарифов, В.Е. Рудник, М.М. Камолов</i> АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК РАЗНОГО ТИПА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	21
СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА .....	27
<i>М.Б. Инояттов, С.А. Абдулкеримов</i> ВЫБОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОРУДНЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ .....	27
<i>М.Б. Инояттов, Б.Д. Инояттов</i> ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ.....	34
<i>Д.И. Баранова, Т.И. Дубровская, В.С. Петров</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ РАСЩЕПЛЕННОЙ ФАЗЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ .....	40
<i>А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга, С.А. Дубровская, А.А. Жидович, А.С. Авдей</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ» .....	44
<i>А.Э. Норбоев, Р.Х. Бейтуллаева, А.Х. Хабибуллаев, У.Т. Бердиев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СХЕМЫ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МАЛОЙ МОЩНОСТИ.....	50
<i>В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич, В.В. Карпинский, А.И. Новик, С.Д. Рудченко</i> К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ.....	56
<i>Х.И. Усмонов, Ш.М. Султонзода, Ш.Дж. Джуразода</i> АЛГОРИТМ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЧАСТИЧНЫЙ РАЗРЯД В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ .....	60



<i>М.В.Шамсиев, Ф.С. Собиров, С.С. Пардаев, Д.Т. Мамаджанова</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ВВЕДЕНИИ РЕЖИМОВ ОТКЛЮЧЕНИЯ.....	65
<i>А.К. Киргизов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ.....	68
<i>Х.С.С. Сафаров, А.Н. Маматкулов</i> ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ .....	72
<i>Н. Хасанзода, С.Р. Юнусов, Дж.У. Амроев, С.Н. Хайдаров</i> ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОГНАЗИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА .....	77
<i>Н. Хасанзода, С.Н. Хайдаров, С.Р. Юнусов, Дж.У. Амроев</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	83
<i>Дж.Б. Рахимзода, Р.Дж. Рахматов, С.Х. Наимов, М.М. Темирова</i> РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЭП 500 кВ .....	89
<i>Ш.М. Султонзода, У.Н. Надиров, Ф.Ш. Мусоев, А.К. Мусулмони</i> АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ГИДРОГЕНЕРАТОРА МЕТОДОМ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ.....	96
<i>Дж.С. Ахъёев, А.А. Амонов, А.М. Мирзоев, Н.В. Сангов</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНИЙ С ПРОВОДАМИ СИП И АС НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ .....	101
<i>С.А. Абдулкеримов, Х.Б. Назиров, Ш.Дж. Джуразода, М.К. Джаборов, З.Х. Хабибуллозода</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЮЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН .....	107
<i>Е.Ю. Яковлева, Р.А. Яковлев</i> УЧЕТ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКОВ РАБОТЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.....	115
<b>СЕКЦИЯ 3. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИРРИГАЦИЯ .....</b>	<b>120</b>
<i>Р.Х. Бейтуллаева</i> ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА .....	120
<i>Т.Ш. Гайибов, Т.У. Тошев, Ш.Ж. Тоштурдиев</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	124

<i>А.Д. Ахророва, С.А. Абдулкеримов, З.С. Ганиев, Р.С. Ишан-Ходжаев</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН .....	128
<i>Б.Р. Бокиев</i> ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ДУШАНБИНСКОЙ ТЭЦ).....	134
<i>Р.З. Юлдашев, З.Ш. Юлдашев</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА .....	138
<b>СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ..</b>	<b>142</b>
<i>П.В. Бойкачев, С.И.Амельченко, В.А. Тимощенко, М.С. Колос</i> АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОСУДАРСТВА ИЛИ ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ .....	142
<i>Д.Ш. Холикова</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ И ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	146
<i>У.Ч. Эшкараев</i> КОНКРЕТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭКОНОМИИ ВОДЫ.....	150
<b>СЕКЦИЯ 5. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ .....</b>	<b>154</b>
<i>А.М. Холбеков</i> СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО- РЕСУРСНОГО ЦЕНТРА .....	154
<i>С.Б. Зарипов</i> ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОДНОГО КЛАССА ОБОБЩЁННОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА С СИНГУЛЯРНЫМИ ТОЧКАМИ .....	159
<i>М. Гадозода, О.К. Кодиров</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЫХ ВОЛН С ОСОБЕННОСТЯМИ .....	162
<i>А.Т. Кабиров</i> СИНГУЛЯРНАЯ ГРАНИЧНАЯ ЗАДАЧА НЕ ГОЛОМОРФНОЙ СТРУКТУРЫ И НЕ ЦЕЛОГО ПОРЯДКА .....	165
<i>А. Бадалов, С.А. Гадоев, Б.Ш. Рахмонов, С.К. Насриддинов, Ш.Ш. Самаров</i> ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ СИСТЕМ ЛАНТАНИДЫ ( $L_n$ ) – СВИНЕЦ СОСТАВОВ $L_nPb_4$ , $L_nPb_3$ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ .....	170
<i>С.Ш. Миррахматов, Х.М. Косумбек</i> СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНИКЕ .....	176
<i>Дж.А. Зарипов, М.М. Сафаров</i> РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЯКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛО ЧАМАНЗОР ЯВАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН .....	180

<i>В.А. Токарев</i> ПРИДАНИЕ ФУНГИТОКСИЧНОСТИ БУМАГЕ ПУТЕМ ЕЁ ПРОПИТКИ ЦИПРОДИНИЛОМ .....	184
<i>Н.Б. Шоайдаров</i> О ДИНАМИЧЕСКИХ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВАХ ВОДЫ.....	188
<i>П.М. Сафаров, Х.А. Зоиров, М.А. Зарифзода, М.М. Саидзода</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ ПОРОШКА ДИМЕТИЛКЕТОНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ВОДЫ	193
<i>И.Т. Оджимаматов, Ш. Р. Даминов</i> РЕЛАКСАЦИОННАЯ ДИСПЕРСИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ .....	196
<i>Ф.А. Сафарова, Дж.Ф. Собиров, Т.Р. Тиллоева, М.М. Сафаров</i> .....	200
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО УГЛЕРОДА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ БЕНЗОЛА .....	200
<i>М.Т. Тургунбоев, М.М. Сафаров, А.С. Назруллозода, М.А. Абдуллоев</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АЭРОЗИНА-50.....	203
<i>С.С. Раджабова</i> .....	207
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДНОГО РАСТВОРА NaCl ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ КРЕМНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ .....	207
<i>М. Гадозода, Х.М. Хафизов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ.....	211
<i>У.А. Турсунбадалов, Ш.И. Хайдаров, Р.Я. Мамажанов</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕКРЕСТКАМИ ДОРОГ .....	215
<i>Э.Ш. Тауров, М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ .....	221
<i>Э.Ш. Тауров</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НИКЕЛЬ-АЛЮМИНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ.....	225
<i>Н.У. Усмонов, Б.Б. Саидов, М.У. Шадманов</i>	229
НАГРУЖЕННАЯ ОДНОРОДНАЯ ЗАДАЧА СОПРЯЖЕНИЯ В СИНГУЛЯРНОМ СЛУЧАЕ ДЛЯ ОБОБЩЁННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ .....	229

СЕКЦИЯ 6. ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ .....	232
<i>М.И. Смирнова, Л.Н. Демидионова, Н.Д. Ермишина</i> МЭИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ: ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ .....	232
<i>Т.Ф. Извекова</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В МУЛЬТИКУЛЬТУРНОМ АКАДЕМИЧЕСКОМ СООБЩЕСТВЕ .....	236
<i>Ш.С. Некушоева</i> ЭТНОЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИМЕН ПЯТИ СТОЛБОВ ПАМИРСКОГО ДОМА: КУЛЬТУРНЫЕ КОДЫ И РИТУАЛЫ.....	239
<i>О.А. Герцог, Е.Ю. Свиридович, Л.С. Шевченко, Т.Н. Бондарева</i> СУЩНОСТЬ СЕМЕЙНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ .....	244
<i>Н.Ш. Кахарова</i> ЖЕМЧУЖИНА МИРОВОЙ ПОЭЗИИ: ОБ ИСТОКАХ КЛАССИЧЕСКОЙ ПЕРСИДСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	248
<i>Ж.Б. Хушвахтова</i> К ВОПРОСУ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ НАВЫКА ЧТЕНИЯ АДАПТИРОВАННЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ТЕКСТОВ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ ВУЗОВ .....	253
<i>Ч.Р. Назаршоева</i> ЛЕКСИКА РОЖДЕНИЯ ШУГНАНСКОГО ЯЗЫКА: ОТЗВУКИ ТРАДИЦИЙ.....	257
<i>Н.А. Варнакова, К.А. Левчук, А.В. Лисица, И.В. Попова, А.А. Широких</i> ЦЕННОСТНЫЙ КОМПОНЕНТ АУТЕНТИЧНЫХ ТЕКСТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ .....	263
<i>О.В. Черединова, О.А. Краснова, М.Н. Романькова, Л.В. Токарева</i> ПЕРЕВОД КАК ВИД МЕЖЪЯЗЫКОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ.....	268
<i>Ю.С. Торяник, П.А. Сикацкая</i> ЛАТИНСКАЯ ПОЭЗИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОСВОЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ.....	273
<i>А.А. Сасова, П.А. Зеленкевич</i> ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ .....	277
<i>В.В.Голубев, Д.А.Зеленкевич</i> ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ЭНЕРГИИ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОЛОГИЙ В ЭПОХУ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ.....	281
<i>Ж.Б. Хушвахтова, Х.Х. Бариева</i> ЧТЕНИЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА НЕЯЗЫКОВОГО ВУЗА .....	285

