

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



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

**Душанбе – 2023**



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

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

г. Душанбе, 19 октября 2023 года



ББК 31.2+31.29+63.3 (2 тадж)+31.280.7+92 Я2

М - 34

ISBN 978-99985-939-0-9

### **Организационный комитет:**

Рогалев Н.Д. (председатель), Абдулкеримов С.А. (сопредседатель),  
Дододжонов А.А., Чиркина Т.В., Самади Ш.Д., Иноятов М.Б., Шамсиев М.В.,  
Назиров Х.Б., Ишан-Ходжаев Р.С., Ганиев З.С., Джураев Ш.Дж.

### **Редакционная коллегия:**

С.А. Абдулкеримов, к.т.н., доцент, М.Б. Иноятов, к.т.н., профессор,  
Р.Р. Рахматиллоев, д.с.н., профессор, Шамсиев М.В., к.т.н., доцент,  
Н.У. Усманов, д.ф.-м.н., профессор, П. Раджабов, к.ф.м.н., доцент,  
Х.Б. Назиров, к.т.н., доцент, Ишан-Ходжаев Р.С., ст. преп.,  
Ганиев З.С., ст. преп., Ш.Дж. Джураев, к.т.н., ст. преп.

Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика СНГ: современное состояние и перспективы развития», посвященной 32-летию Независимости Республики Таджикистан и 10-летию филиала НИУ «МЭИ», г. Душанбе, 19 октября 2023 года: Материалы международной конференции. – Душанбе: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Душанбе, 2023. – 215 с.

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

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

Печатается по решению Учебно-методического совета Филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

© Авторы, 2023

© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

в г. Душанбе, 2023 г.

# СЕКЦИЯ 1. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ, В УСЛОВИЯХ ТАДЖИКИСТАНА

*Т.Р. Тиллоева, М.М. Сафаров*

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

*Ю.Ф. Гортышов*

Казанский авиационный институт «КНИТУ - КАИ» имени А.Н. Туполева,  
г.Казань, Россия

В работе приводятся результаты теоретического исследования коэффициента теплоотдачи солнечной батареи. Для повышения коэффициента полезного действия солнечных батарей необходимо повышать теплофизические и термодинамические характеристики теплоносителей. Известно, что в качестве теплоносителя в солнечных коллекторах и батареях в качестве теплоносителя используются вода. Для повышения коэффициента теплоотдачи теплоносителя, в частности воды, в него внедряют такие наночастицы как сажа, ОСУНТ, МСУНТ, наносеребро и другие наночастицы. Для практического применения наноматериалов ведутся теоретические и экспериментальные исследования их физических и физико-химических свойств, которые в свою очередь, определяются поведением коллоидных частиц, их взаимодействием во внешних полях.

**Ключевые слова:** солнечный коллектор, батарея, коэффициент теплоотдачи, наночастицы, теплоноситель, коэффициент полезного действия, вода, водный раствор наносеребра.

### Введение

Проблема использования солнечной энергии, которая являлась предметом изучения отдельных исследователей, сегодня привлекает пристальное внимание всей общественности (ученых, государственных деятелей и т.д.). Это объясняется конечным запасом ископаемого топлива и заставляет задуматься над получением энергии будущего [1-5]. Кроме того, в последние годы, остро встал вопрос о защите окружающей среды. Современная топливная энергетика загрязняет воздушный бассейн вредными выбросами, а также существует "тепловое загрязнение». Поэтому, на современном этапе солнечная энергия является весьма перспективным энергоисточником. Если принять во внимание, что все виды энергии трансформируются, в конечном счете, в тепловую, то это может привести к необратимым изменениям теплового баланса и климата нашей планеты. Несмотря на все преимущества солнечной энергии она не получила широкого применения даже в странах с жарким климатом. Объясняется это

периодической облученностью в различные периоды времени и с техническими трудностями при преобразовании. Основные проблемы применения солнечной энергии это высокая стоимость конструкции при использовании, рассредоточенность и дискретность поступления по часам суток, времени года и географическим поясам. Ключевой проблемой применения солнечной энергии является проблема аккумулирования. Если рассредоточенность излучения и необходимость создания устройства для концентрации определяются технико-экономическими характеристиками используемых для этого систем, то дискретность поступления энергии требует решения вопросов аккумулирования [3,4].

Эффективность разрабатываемой и представляемой к использованию техники, различных технологий и материалов, в целях улучшения уровня жизнедеятельности человечества, в рамках прогрессирования научно-технического развития, в условиях отсутствия достоверной и научно подтвержденной информации о свойствах тех или иных веществ и материалов практически является не реальным [1].

На современном этапе прогрессивного развития всех областей науки, в частности, техники и технологии, наиболее быстро развивающейся является нанотехнология, пронизывающая все сферы деятельности человечества, которая, в свою очередь, направлена на создание и использование наноразмерных частиц различных материалов [2,4,7].

### **Экспериментальная часть**

Для исследования теплофизических и термодинамических характеристик исследуемых растворов, как в чистом виде, так и содержащих различное количество наночастиц, нами использованы экспериментальные и численные методы. Образцы, как в чистом виде, так и с внедрением наночастиц серебра, ОСУНТ и МСУНТ используются в качестве теплоносителей для солнечных коллекторов и батареях нового поколения [6,7].

Для измерения теплопроводности растворов нами использован метод нагретых проволок (прибор Л.П. Филлипова). Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 95% составляет 4,2% [6].

Прибор, разработанный профессором Сафаровым М.М. для измерения теплоемкости исследуемых растворов, основан на теории монотонного разогрева, с учетом специфики исследуемых растворов и их структуры. Общая относительная погрешность измерения удельной изобарной теплоемкости данным методом (установка, разработанная профессором М.М. Сафаровым) при доверительной вероятности 95% составляет 3,2% [6].

С помощью установки, разработанной и созданной на основе метода гидростатического взвешивания (прибор профессора И.Ф. Голубева),

исследована плотность растворов метилового спирта, коллоидных растворов воды с внедрением ОСУНТ и МСУНТ. Измерение проводилось в интервале температуры (293 – 453) К и давления (0,101 – 49,01) МПа. Общая относительная погрешность измерения плотности этим методом (установки разработанным профессором И.Ф. Голубевым) при доверительной вероятности 95% составляет 0,1%. Кроме того, для численных расчетов по плотности исследуемых растворов при различных температурах и давлениях с использованием уравнения типа Тейта, рассчитана плотность этих растворов [9,10].

Известно, что коэффициент теплопроводности исследуемых веществ прямо пропорционально плотности, удельной теплоемкости и температуропроводности растворов в зависимости от температуры, давления и концентрации нанонаполнителей. В связи с этим, зная коэффициенты теплопроводности, плотности и теплоемкости растворов при различных температурах и давлениях нами рассчитана температуропроводность исследуемых растворов в этих диапазонах [10,11].

В правой части дифференциальных уравнений первого и второго порядка, которые численно позволяют определить тепловой баланс, входят вышеперечисленные теплофизические характеристики, т.е. коэффициент теплопроводности, теплоемкости, плотности и температуропроводности. Поэтому, зная тепловые процессы в солнечных батареях, можно определить коэффициент полезного действия этих батарей [8-12]. Известно, что коэффициент теплоотдачи в общем виде зависит от количества теплоты, получаемой коллекторами и солнечными батареями от энергии солнечной радиации. Для расчета количества получаемых солнечных водонагревателей необходимо знать изменение температуры при различном времени суток. Для определения коэффициента теплоотдачи солнечных батарей можно использовать теорию регулярного теплового режима первого рода. Количество тепла зависит от удельной изобарной теплоемкости, потока солнечной радиации, температуры потока и других факторов.

Кроме того, основные параметры теплофизических, термодинамических характеристик теплоносителей также зависят от температуры, давления, концентрации нанонаполнителей, их фракции и структуры.

### Литература

1. Бринкворт, Б.Дж. Солнечная энергия для человека: М.: Мир, 1976. - 278с.
2. Берковский, Б. М., Кузьмин В.А. Возобновляемые источники энергии на службе человека. М.: Наука, 1987. - 125 с.
3. Богословский, В.Н. Энергия окружающей среды и строительное проектирование. М.: Стройиздат, 1983. -122 с.
4. Даф, Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М: Мир, 1971. - 420 с.
5. Кириллин, В.А. Энергетика. Главные проблемы. М.: Знание, 1990. -121с.

6. Тиллоева, Т.Р. Теплофизические и термодинамические свойства коллоидного водного раствора наносеребра. Дис. на соискание ученой степени к. т.н. по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, Душанбе, 2016,-164с.
7. Дмитриев, А.С. Введение в нанотеплофизику /А.С. Дмитриев. М.: Изд. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015.- 792 с.
8. Дмитриев, А.С., Клименко А.В. Преобразование солнечного излучения в пар – новые возможности на основе наноматериалов (обзор). Теплоэнергетика. 2020. № 2. -С. 1–16.
9. Сафаров, М.М. Модифицированное уравнение Тейта для расчета теплопроводности простых эфиров ИФЖ, Т.66, №6, 1994, Минск,- С.721-724
10. Сафаров, М.М. Уравнение состояния жидких простых эфиров, на основе данных по теплоемкости ИФЖ, Т.68, №4, 1998, Минск,- С.321-329
11. Сафаров, М.М., Тиллоева Т.Р., Зоиров Х.А., Зарипова М.А., Джураев Д. С. Температуропроводность коллоидного раствора наносеребра в зависимости от давления при комнатной температуре. Измерительная техника, 2012, №3- С.51-53
12. Дмитриев, А.С. Критерии эффективности преобразования солнечного излучения в пар в солнечной теплоэнергетике/ Материалы III международной конференции “Современные проблемы теплофизики и энергетики”, 19–23 октября 2020, М., Изд. МЭИ.- С.91-92.

**Авторы:**

к.т.н., доцент, **Тиллоева Т.Р.**

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, 734025, ул. акад. Раджабовых 10а, г. Душанбе, Таджикистан  
E-mail: mahmad1@list.ru.

д.т.н., профессор, заслуженный деятель

науки и техники Таджикистана, **Сафаров М.М.**

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, 734025, ул. акад. Раджабовых 10а, г. Душанбе, Таджикистан  
Телефон: (+992) 931-63-15-85  
E-mail: mahmad1@list.ru.

д.т.н., профессор, **Гортышов Ю.Ф.**

Казанский авиационный институт «КНИТУ - КАИ» имени А.Н. Туполева, г.Казань, Россия  
E-mail: jurij.gortyshov@kai.ru.

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГЕЛИО-ГРАВИТАЦИОННОЙ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СТАНЦИИ (ГГАЭС) МОЩНОСТЬЮ 1 МВт

*М.В. Шамсиев, Ф.С. Собиров, С.С. Пардаев*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В работе рассматривается возможность построения гелио-гравитационной аккумулирующей электрической станции (ГГАЭС), оптимально сочетающей в себе достоинства гелио и твердотельной аккумулирующей станции (ТАЭС). Гравитационный эффект накопления энергии усиливается за счет использования веса аккумуляторных батарей, синхронной машины, редукторов, металлоконструкций и сопутствующего электрооборудования. Анализируются режимы подъема и спуска платформы.

Подчеркивается актуальность подобного подхода в природно-климатических условиях Республики Таджикистан.

**Ключевые слова:** гелио-гравитационная аккумулирующая электрическая станция (ГГАЭС), синхронная машина, редуктор, аккумуляторная батарея, солнечная панель.

В настоящее время достаточно полно разработаны принципы построения гидроаккумулирующих станций (ГАЭС), практика использования которых привела, с учётом известных их недостатков, к созданию так называемых твердотельных аккумулирующих станций (ТАЭС). В работах [1,2,3,4] показан этот принцип гравитационного накопления энергии основанный на сборке башни со стандартной высотой 150-160 метров из 6-7 тысяч бетонных блоков, каждый из которых весит 35тонн. При этом сборка башни соответствует режиму накопления энергии, а разборка режиму отдачи энергии в сеть. Учитывая безусловную “универсальность” этого подхода по сравнению с ГАЭС необходимо все же отметить весьма сложную механику подобной “энергобашни” и явную неэффективность использования площадки станции и пространственного объема бетонных “кубиков”.

В предлагаемой работе авторы исходили из необходимости максимального учета и совмещения природно-климатических условий Республики Таджикистан с полезным использованием веса электрооборудования аккумулирующей станции.

подавляющее большинство малых и микро-ГЭС Таджикистана располагаются в горной местности, где эффективно можно использовать естественной перепад высот обращенных к югу горных склонов. Что позволит существенно сократить капитальные затраты и использовать не только гравитационный, но и гелио-эффект.

Предполагается, что ГГАЭС представляет собой платформу из 2 этажей, которая передвигается по зубчатым рельсам на высоту 100 метров по

южному склону горы ( $\sim 45^\circ$ ) и соединенному с питающей сетью гибким медным шланговым кабелем.

Причем стационарная часть токоподвода (соединение с энергосистемой) крепится к среднему участку пути, что позволит сократить длину гибкого кабеля до  $\sim 70$  метров (рис. 1)

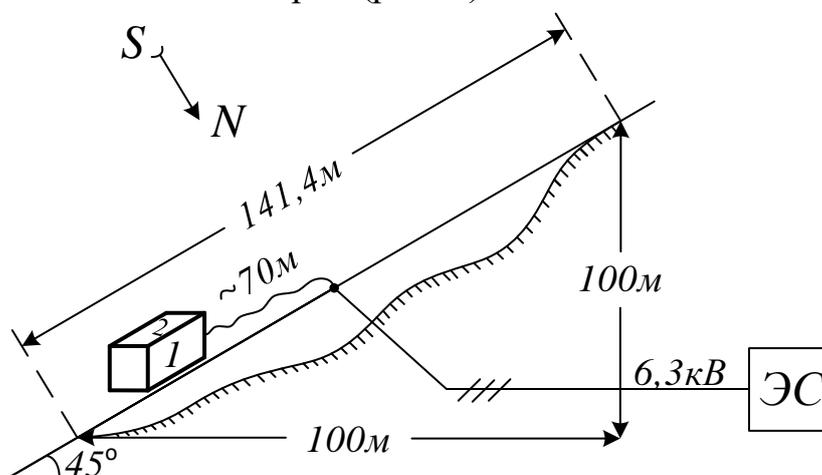


Рисунок 1

На 1-ом (нижнем) этаже платформы располагаются:

1) Синхронная электрическая машина (работающая в режимах генератор-двигатель) специального исполнения – с двумя рабочими концами вала. Технические параметры этой машины приведены в табл. 1;

2) два редуктора, соединенные с двумя рабочими концами вала синхронной машины. Технические параметры приведены в табл. 2;

3) аккумуляторная батарея состоит из 60 свинцово-кислотных аккумуляторов АКБ-250ДТМ 12250/Делта на 12В и 250Ач, в режиме 10 часового разряда выдает ток 25А.

Вес аккумулятора 72кг, общий вес батареи  $72 \times 60 = 4320$  кг;

4) кроме того, на 1 этаже располагаются:

- трансформатор собственных нужд (ТСН);
- тиристорное возбуждательное устройство (ТВУ);
- комплексное распределительное устройство (КРУ);
- шкаф управления (ШУ);

5) на 2-ом этаже смонтированы солнечные панели на напряжение  $U = 12$  В с пиковой мощностью 170 Вт, в количестве 550 шт. с общим весом  $550 \times 12 = 6600$  кг.

Общий вес платформы, с учетом металлических конструкций составляет  $\approx 50$  тонн.

Следует отметить что комплекс: солнечные панели - аккумуляторная батарея, полностью обеспечивает питание роторной обмотки возбуждения синхронной машины (напряжение возбуждения 64 В, ток возбуждения 219А) а установка ТСН с ТВУ гарантируют успешную работу и в период низкой солнечной активности.

Таблица 1

Типоразмер	Мощность, кВт	Напряжение обмотки статора, В	Номинальный ток статора, А	Напряжение возбуждения, В	Ток возбуждения, А	ОКЗ	КПД	Момент инерции ротора, Кг*м <sup>2</sup>	Номинальный скорость, об/мин
СГД2М-17-50-16-04	800	6300	92	64	219	1,24	94,5	2048	375
	1000								

Масса: 6850 кг

Таблица 2

Типоразмер редуктора	ЦТНД-500 (цилиндрический)
Передаточное число	100
Номинальная радиальная нагрузка на тихоходном валу (при скорости вращения 3,75 об/мин), Н	42200
Номинальный крутящий момент, Н·м	28500
К.П.Д.	0,96
Масса, кг	1480
Режим работы	Повторно-кратковременный

Вес 2-х редукторов – 2960 кг.

Потенциальная энергия платформы, находящейся на вершине станции, т.е.  $h=100$  метров составляет:

$$E_{\text{пот}} = mgh = 50 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 100 = 494 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Номинальная скорость синхронной машины  $n_n = 375$  об/мин при передаточном числе редуктора  $i=100$  скорость выходного вала редуктора  $n_p = 3,75$  об/мин.

На выходном валу редуктора устанавливается зубчатая шестерня с  $D=1$  м, следовательно, длина окружности шестерни:  $L = \pi D = 3,14$  м.

Линейная скорость перемещения платформы составит  $v_{\text{л}} = 3,75 \cdot 3,14 = 11,775$  м/мин.

Отсюда время подъема платформы к верхней точке  $t_{\text{н}} = 141,4 / 11,775 = 12$  минут = 720 сек.

Номинальный момент развиваемый синхронной машиной:

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{800 \cdot 10^3}{\frac{3,14 \cdot 375}{30}} = 20382,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления  $M_c = 50 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 9,8 \approx 25 \cdot 10^4$  Нм.

Момент сопротивления приведенный к валу синхронной машины: (с учетом  $i=100$ ).

$M_{\text{ср}} = 25 \cdot 10^4 / 100 = 2500$  Н·м, что заведомо меньше  $M_{\text{н}}$ .

Потребляемая из сети мощность: (с учетом потерь)

$$P_c = \frac{3,14 \cdot 375}{30} \cdot 2500 = \frac{1177,5 \cdot 2500}{30} = 98125 \text{ Вт} \approx 100 \text{ кВт}$$

Что составляет  $\frac{100}{800} \cdot 100\% = 12,5\%$  от номинальной мощности синхронной машины. Таким образом расход электроэнергии для подъема платформы:  $\mathcal{E}_п = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ .

Все выше перечисленные выкладки касались режима подъема платформы.

При расчете режима опускания платформы возникает следующие вопросы:

1) необходимо обеспечить номинальную скорость вращения вала синхронной машины, работающей в режиме генератора, т.е. 375 об/мин, т.к. в противном случае частота напряжения генератора будет отличаться от 50 Гц, что недопустимо. Упрощенный расчет, исходя из уравнения движения электропривода, показывает, что:

$$M_{\text{спр}} = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = 2500 \text{ Н} \cdot \text{м} = 2048 \frac{39,25 \cdot 9,8}{\Delta t}$$

$$\Delta t \approx 322 \text{ сек}$$

При этом будет развиваться мощность:

$$P_{\text{отпускания}} = \frac{E_{\text{пот}}}{\Delta t} = \frac{494 \cdot 10^6}{322} = 1,534 \cdot 10^6 \text{ Вт} = 1534 \text{ кВт}$$

Линейная скорость движения платформы:

$$v_{\text{платф}} = \frac{141,4}{322} = 0,44 \text{ м/сек}$$

Определяющим при этом является ток нагрузки синхронной машины, скорость вращения может быть несколько большей 375 об/мин и для недопущения значительного повышения скорости можно задействовать регулировку цепи возбуждения.

2) при отсутствии тормозного действия синхронной машины (и если пренебречь силами трения) т.е. при режиме х.х., движение платформы вниз будет определяться уравнением:

$$S = \frac{gt^2}{2}: \quad \text{т.е.} \quad 141,4 = \frac{9,8 \cdot t^2}{2}; \quad t^2 = \frac{2 \cdot 141,4}{9,8} = 28,86 \quad t \approx 5,35 \text{ сек} \quad \text{и}$$

$$v_{\text{платф}} = \frac{141,4}{5,35} = 26,43 \text{ м/сек}$$

Это значительная (недопустимая) скорость перемещения, следовательно спуск платформы возможен только при наличии нагрузки в энергосистеме.

### Выводы

1) Разработка ГГАЭС представляет безусловный интерес, т.к. совмещает в себе преимущества ТАЭС и гелиостанции, особенно в условиях горной местности Таджикистана.

2) Проектная документация необходимая для реализации ГГАЭС должна включать не только перечень электрооборудования, но и подробную

принципиальную схему включающую компьютерную автоматизацию всех основных режимов.

### Литература

1. Новосибирск, Академгородок, фирма «Энергозапас». ООО «Энергозапас» [Электронный ресурс], официальный сайт [URL:http://energozapas.ru](http://energozapas.ru). 12.02.2020 г.
2. Романцов М.М., Григорьева М.Д. Твердотельные аккумулирующие электростанции: Перспективы использования и риски. ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань. [Электронный ресурс], 2018 г.
3. И.В. Черкашин, А.Ю. Гришутков. Эффективность и рентабельность применения ТАЭС. Саратовский государственный технический университет г. Саратов., 3-5-12, 2018 г. Всероссийская молодежная научная конференция «Научные проекты и технологии в машино и приборостроения медицине».
4. Солобоев С.В., Брызганов А.А. Промышленная система накопления энергии. Описание изобретения к патенту №RU 2699855C1. 2019 г.

#### Авторы:

Доцент кафедры «Электроэнергетика» **Шамсиев М.В.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
Телефон: +992 (901) 24-83-49  
E-mail: [muqimshamsiev@gmail.com](mailto:muqimshamsiev@gmail.com)

Ассистент кафедры «Электроэнергетика» **Собиров Ф.С.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
Телефон: +992 (938) 65-27-27  
E-mail: [sobifr@mail.ru](mailto:sobifr@mail.ru)

Ассистент кафедры «Электроэнергетика» **Пардаев С.С.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
Телефон: +992 (919) 79-76-72  
E-mail: [sohibjon7672@mail.ru](mailto:sohibjon7672@mail.ru)

# ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГИИ

*И.Б. Махсумов*

Институт энергетики Таджикистана

В данной статье обсуждается зеленая энергия для устойчивого развития и представлены некоторые ключевые параметры и стратегии для повышения устойчивости, на основе зеленой энергии и уровня глобального мира. Также тщательно изучается влияние коэффициентов воздействия технологических, отраслевых и практических приложений на коэффициенты воздействия зеленой энергии и коэффициент устойчивости на основе зеленой энергии. Рассмотрено влияние зелёной энергии на экономику и её использование на предприятиях. А также, в работе приводится энергоэффективность повышения энергетической безопасности и обеспечения экологической устойчивости. Кроме того, ключевая роль водорода, одного из самых экологичных энергоносителей будущего, обсуждается с точки зрения глобальных беспорядков и глобального мира.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергия, энергоэффективность, выбросы парниковых газов, зелёная энергия.

## Введение

Загрязнение окружающей среды, энергоснабжение и надежность энергоснабжения стали серьезными проблемами во всем мире из-за изменения климата, ограниченности источников энергии, нестабильности цен на энергоносители и ограничений энергоснабжения. Доступность энергии, энергоэффективность и замена ископаемого топлива возобновляемыми источниками энергии являются ключевыми факторами глобального развития устойчивой энергетики. Во многих странах, с ограниченными ресурсами ископаемого топлива, устойчивое развитие возобновляемых источников энергии является важным инструментом снижения зависимости от импортного топлива. Некоторые альтернативные источники энергии, такие как энергия ветра, солнца, приливов и отливов, кажутся практически неисчерпаемыми. За исключением приливной энергии, все эти источники широко и давно используются [1].

Мир по-прежнему сильно зависит от угля, нефти и природного газа для удовлетворения своих энергетических потребностей. Однако, использование этих источников энергии оказывает сильное воздействие на окружающую среду. Кроме того, ископаемые виды топлива невозобновляемы, поэтому они не вечны. По мере того, как их запасы истощаются, они становятся все более дорогими и сложными в добыче, но при этом наносят ущерб окружающей среде. В ответ на это все больше стран отказываются от невозобновляемых источников энергии и обращаются к «зеленой энергии», чтобы уменьшить ущерб окружающей среде и принести пользу экономике. Мы изучим зеленую

энергию, ее экономическое и экологическое воздействие, а также то, как бизнес может использовать преимущества возобновляемых ресурсов [2].

**Что такое зеленая энергия?** Зеленая энергия генерируется из возобновляемых источников, а не из ограниченных источников, таких как ископаемое топливо. Потребители, предприятия и правительства во всем мире переходят от использования ископаемого топлива в пользу зеленой энергии, чтобы уменьшить воздействие изменения климата и загрязнения. К возобновляемым источникам энергии относятся солнечная энергия, ветер, вода (гидроэнергия, приливы и волны), биомасса и геотермальная энергия, как уже было сказано выше. Эти источники энергии, как правило, уменьшают воздействие энергии на окружающую среду по сравнению с ископаемым топливом, и они никогда не исчезнут, потому что они постоянно пополняются [3].

### **Возобновляемая энергия и мировой рынок**

Мировой рынок возобновляемых источников энергии, по данным Allied Market Research, оценивался в 881,7 млрд долларов в 2020 году и, как ожидается, достигнет 1,98 трлн долларов к 2030 году, увеличившись с совокупным годовым темпом роста (CAGR) на 8,4% в период с 2021 по 2030 год [4]. Renewables bucked the trend in 2020 сообщает, что в 2021 году возобновляемые источники энергии составили 12,55% мирового производства энергии, включая электроэнергию, отопление и транспорт. Прогнозируется, что производство возобновляемой энергии вырастет более чем на 6% в годовом исчислении к концу 2022 года [5].

#### ***Вот взгляд на наиболее важные секторы возобновляемой энергии:***

**Гидроэнергетика.** Гидроэнергетика является крупнейшим источником возобновляемой энергии, и выход её энергии больше, чем у всех других возобновляемых источников энергии вместе взятых. В 2020 году гидроэнергетика обеспечила около 17% мирового производства электроэнергии и 7% общих мировых потребностей в энергии. Прогнозируется, что её использование увеличится на 17% в период с 2021 по 2030 год. Наибольший рост ожидается в регионах Азиатско-Тихоокеанского региона, Африки и Ближнего Востока; Стареющая инфраструктура в США и Европе вызывает стагнацию гидроэнергетики на этих рынках.

**Солнечная энергия.** Наиболее значительный рост ожидается в секторе солнечной энергетике. В настоящее время на солнечную энергию приходится 3,72% мировой энергии, а общий объем производимой солнечной энергии увеличился на 23% с 2019 по 2020 год. Прогнозируется, что мировой рынок солнечной энергии, оцениваемый в 184,03 миллиарда долларов в 2021 году, вырастет до 293,18 миллиарда долларов в 2028 году при среднегодовом темпе роста 6,9%. Однако для достижения целей, установленных дорожной картой МЭА по нулевым выбросам до 2050 года, сектору необходимо будет расти на 24% в год в период с 2020 по 2030 год [6].

Китай является ведущим производителем возобновляемой энергии и отвечает за производство 30,8% мировой гидроэлектроэнергии, 33,8% мировой энергии ветра и 32,3% мировой солнечной энергии. Европа и США также являются крупными производителями возобновляемой энергии, производя 15,5% и 16% мировой солнечной энергии, 21,4% и 20,9% мировой энергии ветра и 8,2% и 6,1% гидроэлектроэнергии соответственно.

**Водородная энергия.** В последнее время все большее внимание уделяется технологиям водородной энергетики. В отличие от бензина или дизельного топлива, при сгорании водорода образуется водяной пар и не выделяются парниковые газы. По этой причине водородные технологии считаются перспективными в поиске альтернативных источников энергии, способных заменить ископаемое топливо и не способствующих изменению климата. Однако в последнее время большая часть водорода производится из природного газа. Этот процесс довольно сильно загрязняет окружающую среду, потому что он приводит к образованию парникового газа. В центре внимания здесь должно быть производство чистого водорода путем электролиза воды с использованием только возобновляемых источников энергии, таких как энергия солнца или ветра [7].

### **Влияние зелёной энергетики на экономику**

Более 100 стран — равное количеству развивающихся и развитых стран — установили цели в области возобновляемых источников энергии. В частности, Европейский Союз поставил перед собой амбициозную цель: к 2030 году обеспечивать 32% своих потребностей в энергии за счет возобновляемых источников. Соединенные Штаты сосредоточены на переходе к экономике, в большей степени основанной на зелёной энергии, поскольку реальность глобального изменения климата быстро приближается. Ожидаются значительные экономические изменения, в том числе следующие:

- переход от ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии может дать толчок экономике. Согласно отчета Института мировых ресурсов, Соединенные Штаты могут добавлять 4,5 миллиона рабочих мест в год в течение 10 лет, если будут инвестировать в экологически чистую энергию и стратегии роста производства с низким уровнем выбросов углерода;
- ежегодный обзор возобновляемых источников энергии и рабочих мест Международного агентства по возобновляемым источникам энергии за 2021 год прогнозирует, что рабочие места в мире по возобновляемым источникам энергии увеличатся с 12 миллионов в 2020 году до 38 миллионов к 2030 году и 43 миллионов к 2050 году.

Зависимость от ископаемых видов топлива искажает энергетический рынок, в результате чего значительное число людей не имеют доступа к электроэнергии. По оценкам «Our World in Data» [8] в 2020 году 940 миллионов человек во всем мире (13% населения мира) не имели доступа к электричеству. В общей сложности 2,6 миллиарда человек использовали традиционную биомассу для приготовления пищи в том же году. Приготовление пищи с использованием топлива из биомассы вызывает

загрязнение воздуха в домах, что приводит к преждевременной смерти около 4 миллионов человек ежегодно. Подавляющее большинство этих людей проживало в Азии и странах Африки к югу от Сахары.

### **Энергоэффективность**

Энергоэффективность является одним из ключевых факторов в стратегиях смягчения последствий изменения климата, повышения энергетической безопасности и обеспечения экологической устойчивости.

Поскольку парниковые газы в основном образуются при производстве и использовании энергии, энергоэффективность может оказать существенное влияние на сокращение выбросов парниковых газов. Кроме того, снижается потребность в инвестициях в энергию и импорте энергии, что позволяет экономить деньги потребителей. Энергоэффективность описывается как самый быстрый и дешевый способ обеспечить безопасность энергоснабжения и решить экологические и экономические проблемы. Вот почему законодательство ЕС ввело меры для ряда секторов, выбрасывающих парниковые газы, а сам ЕС поставил цели по энергоэффективности на 2030 год. Евросоюз поставил перед собой цель повысить энергоэффективность на уровне ЕС не менее чем на 32,5%. к 2030 году, в то время как Литва обязана сохранить как минимум общий объем конечной энергии с 1 января 2021 г. по 31 декабря 2030 г., что соответствует 27,2792 ТВт·ч [1].

### **Заключение**

Была обсуждена зеленая энергия для устойчивого развития, и были представлены некоторые ключевые параметры для повышения устойчивости на основе зеленой энергии и уровня глобального мира. Кроме того, ключевая роль водорода – одного из самых экологически чистых энергоносителей будущего – обсуждается с точки зрения глобальных беспорядков и мира.

Соответственно, устойчивая зеленая энергия и технологии определенно необходимы для обеспечения глобальной стабильности, за счет снижения вредного воздействия потребления энергии на основе ископаемого топлива.

Наиболее важным сценарием, поощряющим переход к «зеленой» энергии и технологиям и продвигающим технологии, основанные на «зеленой» энергии, является обеспечение необходимых стимулов и взаимодействия между странами, учеными, исследователями, обществами и всеми остальными. Поэтому инвестиции в зеленую энергетику необходимы для будущего народов мира.

### **Литература**

1. A Baskutis S, Baskutiene J, Navickas V, Bilan Y, Ciešliński W. Perspectives and Problems of Using Renewable Energy Sources and Implementation of Local “Green” Initiatives: A Regional Assessment. *Energies*. 2021; 14(18):5888. <https://doi.org/10.3390/en14185888>
2. Б Renewable Resources: The Impact of Green Energy on the Economy [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.business.com/articles/the-impact-of-green-energy-on-the-economy/> (дата обращения: 07.04.2023).

3. В Renewable Resources: The Impact of Green Energy on the Economy [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.business.com/articles/the-impact-of-green-energy-on-the-economy/> (дата обращения: 07.04.2023).
4. Г Renewable Energy Market Outlook - 2030 [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.alliedmarketresearch.com/renewable-energy-market> (дата обращения: 07.04.2023).
5. Д Global Energy Review 2021 [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/renewables/> (дата обращения: 07.04.2023).
6. Е Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector [Электронный ресурс]. – режим доступа <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (дата обращения: 07.04.2023).
7. Ё Berg, T.L.; Apostolou, D.; Enevoldsen, P. Analysis of the wind energy market in Denmark and future interactions with an emerging hydrogen market. Int. J. Hydrogen Energy. 2020, 46, 146-156.
8. Ж What share of people have access to electricity? [Электронный ресурс]. – режим доступа <https://ourworldindata.org/energy-access> (дата обращения: 07.04.2023).

**Автор:**

К.т.н, ст. преподаватель **Махсумов Илхом Бурхонович**

Институт энергетики Таджикистана

735162, р-н Кушониён, п.г.т., Бохтариён, третье отделение, ул. Н. Хусрава, 73

Телефон/факс: +992909222424

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

## СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

### АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

*А.Р. Петров, Е.И. Грачева*

ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет»

В статье исследованы эксплуатационные характеристики низковольтной коммутационной аппаратуры, приведены результаты сравнительного анализа аппаратов различных заводов-изготовителей.

**Ключевые слова:** низковольтные электрические аппараты, эксплуатационные характеристики, автоматические выключатели, контактные соединения, параметры надежности, вероятность безотказной работы.

#### Основные технические характеристики аппаратов

Оценим параметры надежности автоматических выключателей в литом корпусе (АВЛК) различных заводов-изготовителей. В таблице 1 приведены технические характеристики исследуемых АВ.

Таблица 1

Технические характеристики АВЛК различных заводов-изготовителей

Параметр Тип аппарата	Номинальный ток $I_n$ , А	Количество циклов В-О (мех./эл.), $N \cdot 10^3$	Потери мощности $\Delta P$ , Вт	Стоимость, руб.
ВА04 (КЭАЗ)	16-125	10/8	1,5-11,5	7400-8300
	250	16/6	20,6	8800
	400	10/4	27,2	14280
ComPact NSX (Schneider Electric)	16-125	20/10	2,92-10,78	5500-23000
	160-200	20/10	13,95-15,4	25200
	250	10/5	18,75	42500
Tmax XT (ABB)	16-160	25/8	1,4-17	20300-38400
	250	20/8	21,4	54000
	400	20/7	31	61225
	630	20/7	39,6	75550
DPX (Legrand)	25-160	25/8	2,7-18	16600-41000
	250	20/8	22,5	43900
	400-630	10/5	35-46,5	54600-65900

В зависимости от номинального тока аппарата, его потери мощности будут различными. На рис. 1 представлены графические зависимости потерь активной мощности на полюс  $\Delta P$  от номинального тока  $I_n$  для исследуемых АВЛК [1].

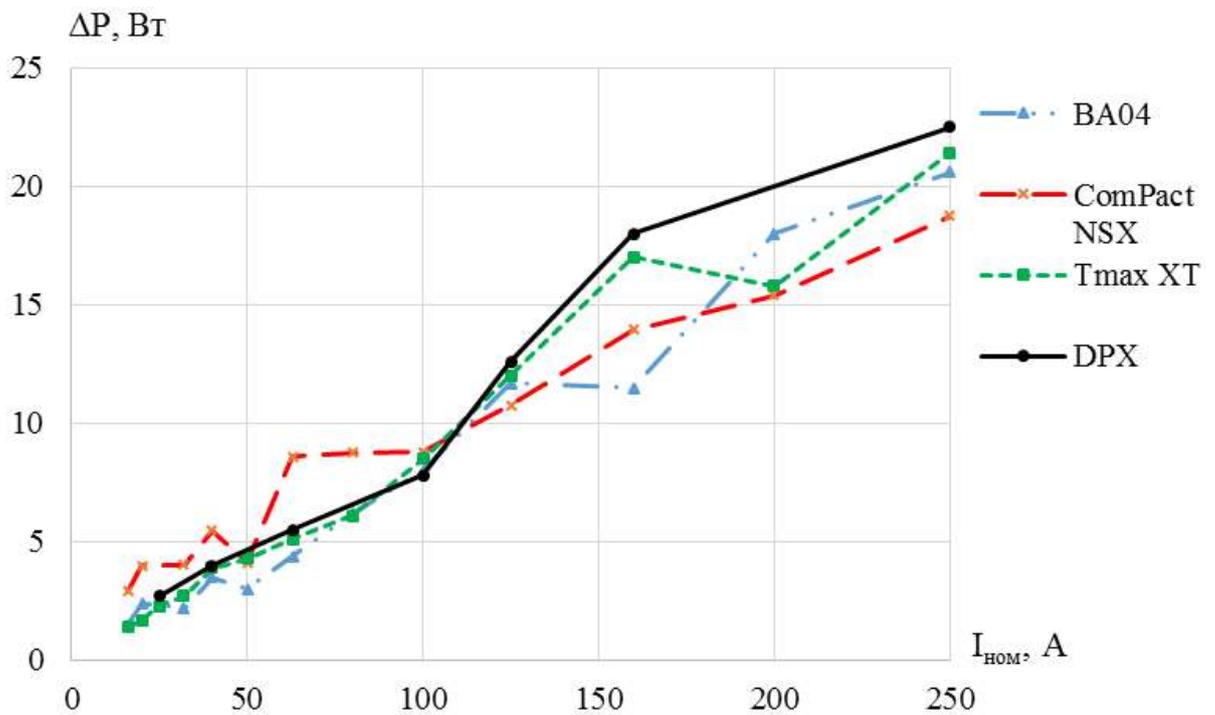


Рисунок 1. Графические зависимости потерь активной мощности от номинального тока АВЛК различных заводов-изготовителей

### Расчет параметров надежности аппаратов

В качестве расчета наработки на отказ принимается экспоненциальный закон распределения [2]. Для исследуемых АВЛК определим закон изменения вероятности безотказной работы  $P(t)$  в зависимости от количества коммутационных циклов.

При испытании 10 образцов АВЛК ВА04 на номинальный ток 100 А после  $50 \cdot 10^3$  циклов зарегистрировано 24 отказа, из которых два произошли в период приработки.

Для примера вычислим среднюю наработку на отказ аппарата ВА04 по выражению [3]:

$$t_{cp} = \frac{1}{\lambda} = \frac{n_x \Delta t}{\Delta n_x} \quad (1)$$

$$t_{cp} = \frac{10 \cdot 50 \cdot 10^3}{22} = 22,73 \cdot 10^3$$

где  $n$  – общее количество АВЛК за которым производится наблюдение;  $\Delta n_x$  – число отказов за наработку.

Средняя интенсивность отказов ВА04 определяется по выражению:

$$\lambda = \frac{1}{t_{cp}} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{22,73 \cdot 10^3} = 0,044 \cdot 10^{-3}$$

где  $t_{cp}$  – средняя наработка на отказ аппаратов.

Значение вероятности безотказной работы аппаратов определяется по выражению:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = \exp|-\lambda t| \quad (3)$$

$$P(t) = e^{-0,044 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10^3} = 0,9956$$

Результаты расчета для АВЛК приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вероятность безотказной работы P(t) АВЛК для разного количества циклов							
Кол-во циклов $N \cdot 10^3$	0,1	0,5	1	5	10	15	20
$P(t)$ ВА04	0,9956	0,9782	0,9569	0,8025	0,644	0,5168	0,4147
$P(t)$ ComPact NSX	0,9974	0,9871	0,9743	0,8781	0,7711	0,6771	0,5945
$P(t)$ Tmax XT	0,9970	0,9851	0,9704	0,8607	0,7408	0,6376	0,5488
$P(t)$ DPX	0,9962	0,9812	0,9627	0,8270	0,6839	0,5655	0,4677

Графические зависимости  $P(t)$  для АВЛК на номинальный ток  $I_H=100A$  от количества коммутационных циклов приведены на рис. 2.

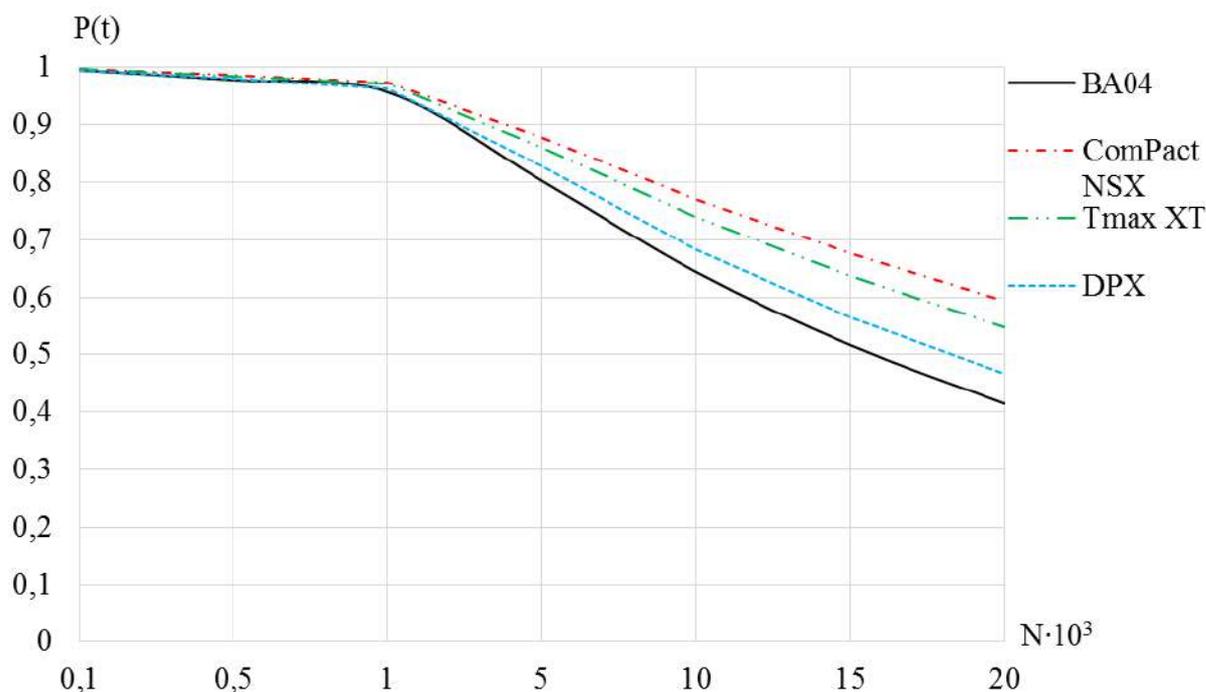


Рисунок 2. График зависимости вероятности безотказной работы  $P(t)$  АВЛК от количества циклов включения-отключения

Из графической зависимости (рис. 2) видно, что вероятность безотказной работы  $P(t)$  у зарубежных аппаратов ComPact NSX (Schneider Electric), Tmax XT (ABB), DPX (Legrand) АВЛК больше чем у отечественных (ВА04), и срок службы у зарубежных аппаратов значительно больше.

## Заключение

В результате исследований эксплуатационных характеристик можно сделать вывод о том, что автоматические выключатели российских производителей имеют аналогичные показатели надежности, как и зарубежные аппараты фирмы. Однако стоимость отечественных аппаратов зачастую оказывается на порядок ниже, чем у зарубежных производителей, что свидетельствует о высокой конкурентоспособности низковольтных коммутационных аппаратов отечественных производителей.

## Литература

1. Петров А. Р., Грачева Е. И. Моделирование потерь мощности в контактных системах низковольтных коммутационных аппаратов // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 126–133. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-126-133.
2. Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н, Шакурова З.М. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 1. С. 93-104. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-93-104.
3. Исмоилов И.И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №1 (53). С. 3-12.

### Авторы:

Аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» **Петров А.Р.**  
ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет»  
420066, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51  
Телефон: 89274898733  
E-mail: petrovall3@mail.ru

д.т.н., доцент, проф. кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» **Грачева Е.И.**  
ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет»  
420066, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51  
E-mail: grachieva.i@bk.ru

# ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

*Р.М. Петрова, Е.И. Грачева*

ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет»

В статье исследованы основные законы распределения: нормальный, экспоненциальный (показательный), распределение Вейбулла и закон Релея, позволяющие моделировать надежность электрооборудования низковольтных распределительных сетей.

**Ключевые слова:** закон распределения, надежность, электрооборудование, низковольтные распределительные сети, нормальный закон распределения, вероятность безотказной работы, вероятность появления отказа, интенсивность отказа.

## Прогнозирование надежности электрооборудования низковольтных сетей

Для прогнозирования надежности электрооборудования низковольтных распределительных сетей предлагается использовать сравнение статистических и теоретических значений функции распределения вероятностей безотказной работы и появления отказа. [1, 2]

Прогнозирование надежности может быть произведено только на основе вероятностного подхода. При этом необходимо выбрать подходящий закон распределения для расчета отказов систем электроснабжения, являющиеся случайными величинами, наиболее близко совпадающий с эмпирической функцией распределения.

С данной целью изучим основные законы распределения, а именно нормальный, экспоненциальный (показательный) законы и распределение Вейбулла, используемые в теории надежности и определим оптимальный из них в сравнении с эмпирическими значениями функции.

Эмпирическая функция вероятности безотказной работы имеет вид [1, 4]:

$$P^*(t_i) = \frac{N_0 - n_i(t)}{N_0} \quad (1)$$

где  $n_i(t)$  – суммарное число отказавших элементов, шт.;

$N_0$  – количество рассматриваемых элементов, шт.

Эмпирическая функция вероятности появления отказа записывается в виде [1]:

$$Q^*(t_i) = \frac{n_i(t)}{N_0} \quad (2)$$

$$Q^*(t_i) = 1 - P^*(t_i) \quad (3)$$

При **нормальном законе распределения** теоретическая функция вероятности безотказной работы имеет вид: [2-3]

$$P(t) = \frac{F\left(\frac{T_{\text{сред}} - t}{\sigma}\right)}{F\left(\frac{T_{\text{сред}}}{\sigma}\right)} \quad (4)$$

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (5)$$

где  $t$  – время наблюдения, год;

$T_{\text{сред}}$  – средняя наработка на отказ, год;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение наработки на отказ, год;

$F$  – функция Лапласа [3].

При расчетах **экспоненциальным (показательным) законом распределения** функция вероятности безотказной работы имеет вид:

$$P(t) = \exp(-\lambda t) \quad (6)$$

$$Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (7)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов,  $\lambda = \text{const}$ .

**Распределение Вейбулла:**

$$P(t) = \exp(-\lambda t^b) \quad (8)$$

$$Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t^b) \quad (9)$$

где  $\lambda$  – параметр масштаба;

$b$  – параметр формы (безразмерная величина).

**Закон Релея** имеет вид:

$$P(t) = \frac{x}{\sigma^2} \cdot \exp\left(-\frac{x}{2\sigma^2}\right) \quad (10)$$

$$Q(t) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{2\sigma^2}\right) \quad (11)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение наработки на отказ, год.

Для наглядности дальнейших расчетов выберем автоматический выключатель ВА51-35 завода-изготовителя КЭАЗ, г. Курск. По формулам (1) – (3) рассчитаем статическую вероятность безотказной работы и появления отказа за время  $t=15$  годам. Вычислим по формулам (4) – (9) основные законы распределения, исключив закон Релея формулы (10) и (11) из-за недостатков данных. Сравним результаты расчетов (рис. 1).

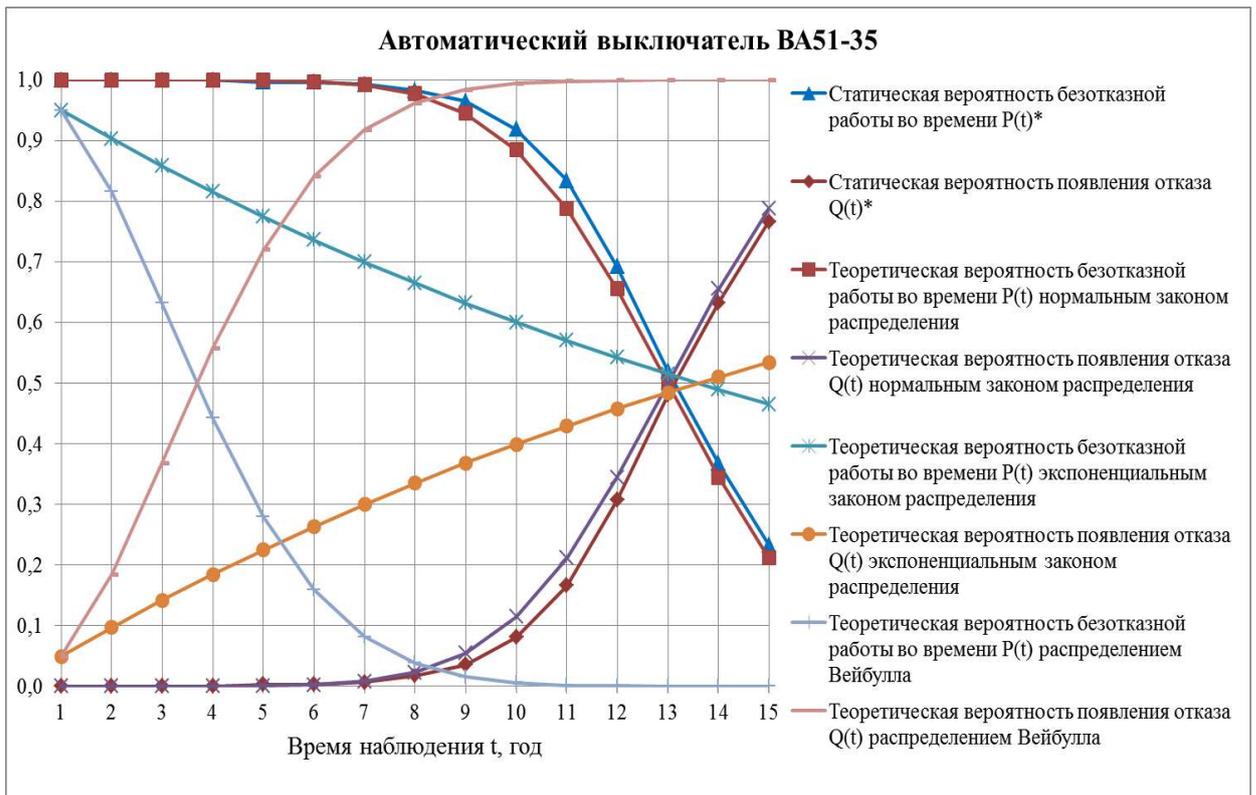


Рисунок 1. Сравнение основных законов распределения со статическими данными для автоматического выключателя ВА51-35

По рис. 1 видно, что для расчетов надежности автоматического выключателя ВА51-35 наиболее точным является нормальный закон распределения.

В соответствии с ГОСТ 9098-78 и ГОСТ 12434-83, вероятность безотказной работы рассматриваемых автоматических выключателей (ВА51-35) остается не ниже 0,8 для периода времени в течение первых 11 лет эксплуатации, что подтверждает сохранение данного параметра для паспортного срока службы аппаратов, равного 10 годам.

### Проверка выбранного закона распределения

Проверку на соответствие выбранного закона распределения производится с помощью **критерия Колмогорова** и, при испытаниях более 100 – **критерия Пирсона** ( $\chi$ -квadrat).

Воспользуемся критерием Колмогорова при малых испытаниях (>100). Мера расхождения между теоретическими и экспериментальными величинами  $D_n$  вычисляется по формуле: [1]

$$D_n = \max |F^*(x) - F(x)| \quad (12)$$

где  $F^*(x)$  – эмпирическая функция распределения;  
 $F(x)$  – выбранная теоретическая функция распределения.

Значение случайной величины рассчитывается по формуле:

$$y_n = D_n \sqrt{n} \quad (13)$$

где  $n$  – количество отказавших элементов.

Критерий Пирсона (или критерий  $\chi^2$ ) применяется для проверки гипотезы о соответствии теоретического и эмпирического распределения при большом объеме выборки ( $n \geq 100$ ). Данный метод не применим для проверки, так как количество наблюдений  $t = 15$  годам.

### **Заключение**

Таким образом, проведенный анализ основных законов распределения показал, что при моделировании надежности систем электроснабжения наиболее подходящим является нормальный закон распределения.

### **Литература**

1. Петрова Р.М, Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Valtchev S., Yousef Ibragim. Исследование вероятностных характеристик надежности электрооборудования внутрицеховых систем электроснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. №1 (57). С. 93-105.
2. Петрова Р.М. Надежность эксплуатации силовых трансформаторов / НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК ПИТТУ имени академика М.С. Осими». [Электронное издание]. – № 3 (24), 2022. – С. 52-57.
3. Петрова Р.М. НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ / XXVI ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА. В 3 т. Т. 1: материалы докладов (Казань, 6–7 декабря 2022 г.) / – Казань: КГЭУ, 2023. –С. 97-99.
4. Федотов А.И., Грачева Е.И., Наумов О.В. Исследования показателей безотказности низковольтных коммутационных аппаратов электрических сетей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. №9-10.

#### **Авторы:**

Аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» **Петрова Р.М.**  
ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет»  
420066, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51  
Телефон: 89278821319  
E-mail: 1998renata@mail.ru

д.т.н., доцент, проф. кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» **Грачева Е.И.**  
ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет»  
420066, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51  
E-mail: grachieva.i@bk.ru

# РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ РЗА

*А.А. Волошин, С.А. Данилов, Д.А. Вертогузов, А.И. Коваленко*

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

В данном материале представлено описание разрабатываемой системы по автоматизированному расчету уставок РЗА распределительной сети. Даны предложения по определению расчетных сценариев для сети с распределенной генерацией в рамках разрабатываемой системы.

**Ключевые слова:** релейная защита и автоматика, распределительная сеть, автоматический расчет уставок, распределенная генерация.

## Введение

Традиционный подход к выбору параметров срабатывания релейной защиты и автоматики (РЗА) предполагает рассмотрение максимального режима и выбор по нему универсального набора параметров срабатывания РЗА, который позволит обеспечить выполнение требований, предъявляемых к РЗА, в том числе чувствительность и селективность. Наличие распределенной генерации изменяет характер протекания режимов, диапазоны изменения режимных параметров кратно расширяются. В такой ситуации возникает проблема с обеспечением чувствительности защиты при выполнении требования селективности, или возникает ситуация обратная – чувствительность защиты обеспечивается, но невозможно выполнить ее селективной. В статьях [1-3] авторы рассматривают особенности реализации ступенчатых защит с относительной селективностью для активных распределительных сетей и приходят к выводу, что традиционное исполнение максимальной токовой защиты (МТЗ) и дистанционной защиты (ДЗ) не позволяют полноценно применять эти защиты. В ряде случаев со «слабым» источником генерации чувствительность МТЗ может снижаться до 1,7 раз, а зона действия («видимое» сопротивление) резервной ступени ДЗ может увеличиваться до 2 раз.

Таким образом, разработка системы автоматического адаптивного изменения параметров срабатывания РЗА при изменении режимов сети является актуальной. Данная система позволит автоматически изменять параметры срабатывания в устройствах РЗА в соответствии с фактическим режимом работы контролируемой электрической сети, который зависит от состава включенного генерирующего оборудования, его режима работы, фактической топологии электрической сети (совокупность включенных и отключенных элементов сети), режимов работы потребителей.

## Описание системы автоматического расчета параметров срабатывания РЗА

Для обеспечения чувствительности и селективности РЗ в сети с распределенной генерацией предлагается учитывать все возможные режимы работы сети, а не стараться подбирать универсальный набор параметров срабатывания под наиболее вероятные режимы. Для этого необходимо определить все сценарии (варианты топологии сети, а также их комбинации с возможными уровнями генерации и потребления электроэнергии), определить для каждого сценария последовательность расчета защит для обеспечения селективности действия и рассчитать параметры срабатывания РЗА.

Чтобы уменьшить объем рассчитанных параметров, предлагается проводить их группировку по критерию чувствительности: набор параметров, который удовлетворяет требованию по чувствительности в некоторых сценариях, но не удовлетворяет в остальных, образует одну группу уставок. Таким образом, при смене режима будут использоваться заранее рассчитанные группы уставок для обеспечения требований, предъявляемых к РЗА.

Разрабатываемая система представляет собой программное обеспечение, которое должно состоять из различных модулей. Кроме того, в системе предполагается также интерфейс, включающий в себя схему рассматриваемой сети, для взаимодействия пользователя с разрабатываемыми модулями (рис. 1).

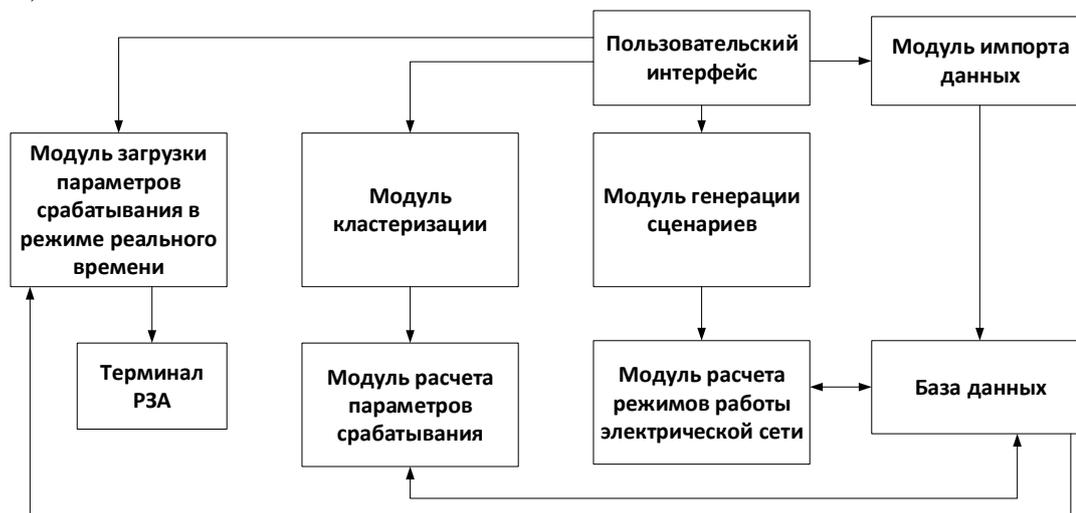


Рисунок 1. Архитектура разрабатываемой системы

## Описание генерации расчетных сценариев с учетом распределенной генерации

Сценарий – вариант работы сети с определенным соотношением замкнутых/разомкнутых выключателей, минимальным/максимальным потреблением электроэнергии и уровнем генерации электроэнергии.

Сценарии при наличии солнечных энергетических установок (СЭУ) разрабатываются из количества вольт-амперных характеристик (ВАХ) СЭУ в сети с разной интенсивностью солнечного света (рис. 2).

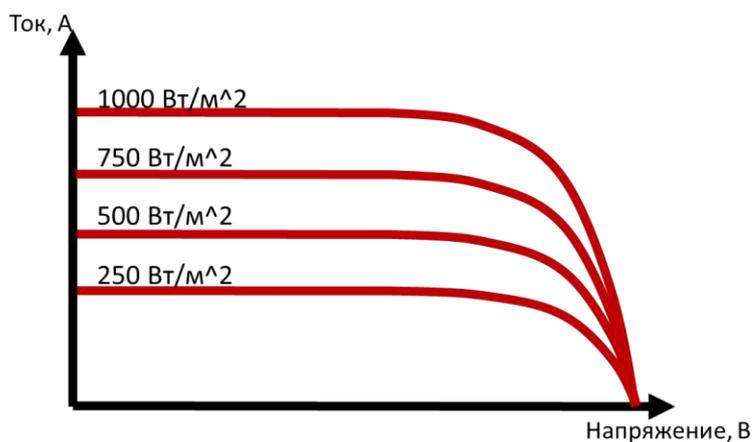


Рисунок 2. ВАХ солнечного элемента в зависимости от интенсивности солнечного света

По каждой ВАХ можно определить кривую выдаваемой мощности СЭУ (рис. 3), умножив напряжение на соответствующую ему величину тока. СЭУ выдают мощность через инверторы тока. Современные инверторы оснащены МРРТ (Maximum Power Point Tracking) контроллерами, которые отслеживают точку максимальной мощности (МРР). Благодаря этому, генерация сценариев нормального режима работы СЭУ будет зависеть от текущей интенсивности солнечного света и соответствующей ей величине максимальной выдаваемой мощности. Сценарии аварийного режима будут соответствовать режиму КЗ СЭУ при текущей интенсивности солнечного света.

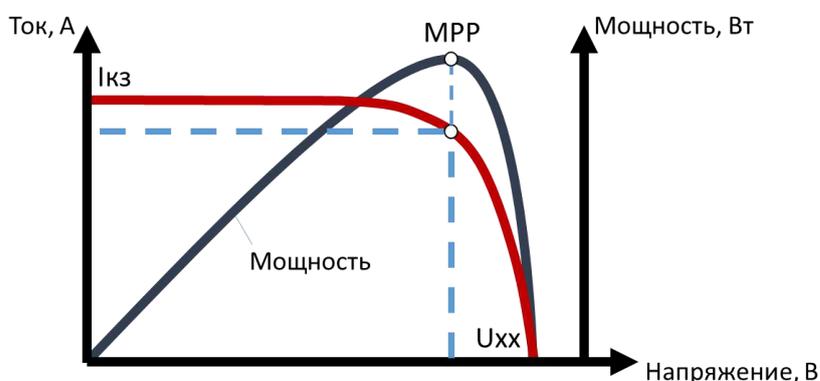


Рисунок 3. ВАХ солнечного элемента с указанием точки максимальной выдачи мощности

Сценарии для ветряных энергетических установок (ВЭУ) разрабатываются из графиков выработки электроэнергии ВЭУ (рис. 4). В зависимости от текущей скорости ветра определяется текущая выдаваемая мощность. Каждая отдельная точка на графике может рассматриваться как отдельный сценарий нормального режима.

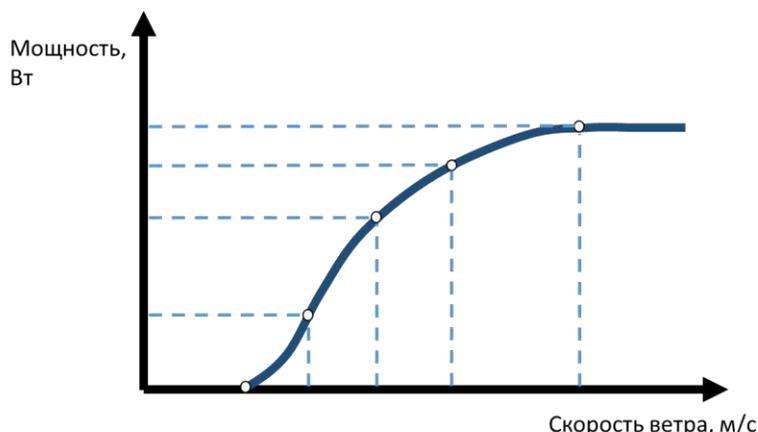


Рисунок 4. Выработка электроэнергии ВЭУ

ВЭУ выдают мощность через инверторы тока. Анализ литературы [4] показал, что величина токов подпитки места КЗ от ВЭУ, выпускаемые в том числе на большие номинальные мощности, в начальный момент времени не оказывают значительного влияния на величину ТКЗ, так как инвертор быстро ограничивает величину выходного тока. Таким образом, сценарий аварийного режима будет соответствовать максимальному току, выдаваемым инвертором. Максимальный ток КЗ принимается равным 1,1-1,2 номинального тока инвертора.

## Заключение

По вышеописанным предложениям можно сказать, что задача по автоматизации расчетов уставок РЗА является выполнимой. Это позволит снизить трудозатраты на расчет и анализ параметров срабатывания релейной защиты, а также снизить количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

## Литература

1. О.А. Онисова. Особенности функционирования направленных максимальных токовых защит в электрических сетях с распределённой генерацией / Энергетик. – 2015. – №1. – С.17-21.
2. А.В. Булычев, А.А. Наволочный, Г.С. Нудельман, О.А. Онисова / Максимальная токовая защита в системах электроснабжения с распределённой генерацией // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – №1 – С.75-78.

3. О.А. Онисова Направления развития релейной защиты электроэнергетических систем с малыми распределёнными электростанциями // Релейщик. – 2014. – №4. – С.20-25.

4. П.В. Илюшин, А.В. Команденко. Анализ эффективности способов и средств ограничения и координации токов короткого замыкания в распределительных сетях с объектами распределенной генерации // Релейная защита и автоматизация – 2021. - №4(45). – С.24-33.

**Авторы:**

К.т.н., доцент **Волошин А.А.**

НИУ «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14

Email: VoloshinAA@mpei.ru

Ассистент **Данилов С.А.**

НИУ «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14

Email: DanilovSan@mpei.ru

Магистрант **Вертогузов Д.А.**

НИУ «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14

Email: VertoguzovDA@mpei.ru

Ст. преп. **Коваленко А.И.**

НИУ «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14

Email: KovalenkoAI@mpei.ru

# УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

*З.Ш. Юлдашев*

Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ

*Р.З. Юлдашев*

Частный консультант

В статье рассматриваются результаты аналитических исследований в области энергосбережения. Основной операцией теоретического анализа энергоэффективности потребительской энергетической системы является переход от функции мощности к определенному интегралу энергии и наоборот, от измеренного значения энергии к исходной функции мощности. Прямого математического метода для таких исследований при экспертизе систем, при верификации эффективности и при обоснованиях энергосберегающих решений нет. Поэтому разработке теории энергоэффективности действующих технических систем должно предшествовать обобщение ряда положений математического анализа, относящихся к непрерывности и пределам простых и сложных функций, к основным теоремам дифференциального исчисления, параметрическому заданию функций, определенному интегрированию.

Особенностью ПЭС является существование дополнительной (по отношению к энергоёмкости результатов) – *энергоёмкости продукции*. Эта оценка является рыночной и двойственной: по удельным денежным затратам на получение результата и по влиянию на доходность предприятия при реализации (по конкурентоспособности). Для определения и анализа показателей энергоэффективности предлагается графическое отображение метода конечных отношений в виде универсальной энергетической диаграммы в четырёх квадрантах. Понятия *экстенсивного* и *интенсивного* энергосбережения имеют равнозначный потенциал повышения энергоэффективности, определяемый снижением энергоёмкости выпускаемой продукции. Существует и промежуточный вариант энергосбережения – между экстенсивным и интенсивным энергосбережением.

**Ключевые слова:** метод конечных отношений, энергоэффективность, энергоёмкость продукции, экстенсивное и интенсивное энергосбережение

## Введение

Согласно метода конечных отношений (МКО) необходима дискретная регистрация показаний счетчиков энергии, что позволяет контролировать энергетические параметры в промежутках между коммерческими съемами [1, 2].

Так как регистрируемые по показаниям счетчиков кривые  $Q(t)$  являются восходящими, то значения основного параметра энергосбережения  $Q_3$  также могут быть представлены в виде функции  $Q_3(t)$ . При коммерческом использовании счетчиков это обычно прямые линии, соответствующие среднему за период измерения значению. При технических дискретных измерениях кривая  $Q_3(t)$  может иметь изломы и изгибы, определяемые

несоответствием изменения конечных энергий. Такие изгибы с точки зрения энергосбережения позволяют более точно анализировать процесс энергопотребления.

Основной операцией теоретического анализа энергоэффективности потребительской энергетической системы (ПЭС) является переход от функции мощности  $P$  к определенному интегралу энергии и наоборот, от измеренного значения энергии к исходной функции мощности. Несмотря на то, что эта операция осложнена обилием в системе видов функций, подлежащих аппроксимации, основную сложность представляет определение не самого показателя энергетической эффективности (для технических элементов, энергетических линий, ПЭС) и оценка его величины, а определение причин повышенной энергоёмкости и обоснование мер по ее снижению.

Прямого математического метода для таких исследований при экспертизе систем, при верификации эффективности и при обоснованиях энергосберегающих решений нет. Поэтому разработке теории энергоэффективности действующих технических систем должно предшествовать обобщение ряда положений математического анализа, относящихся к непрерывности и пределам простых и сложных функций, к основным теоремам дифференциального исчисления, параметрическому заданию функций, определенному интегрированию.

## Результаты

Расход энергии на получение результата может быть определён путём измерения счетчиком, не требующего определения функции мощности. Предполагается, что энергетическое воздействие контролируется специальным измерителем изменения показателя (индикатора), характеризующего ожидаемый результат. При этом измеряемый показатель должен соответствовать одному из двух энергетических показателей воздействия по уровню дифференциации – либо энергия (интегральный показатель), либо мощность (первая производная энергии). Надо учитывать, что генеральным производственным показателем эффективности использования энергии является *энергоёмкость продукции*, поэтому все виды результатов энергетического воздействия должны быть приведены к энергетическому (интегральному) показателю.

Из понятия определённого интеграла следует, что показатель, характеризующий результат, в любом случае должен быть представлен в данных по измерениям как функция времени. На основании этого определения можно сказать, что в измерениях, обслуживающих экспертизу энергетической эффективности, одна и та же физическая величина может рассматриваться в различных энерготехнологических процессах как интегральная и как дифференциальная.

Особенностью ПЭС является существование дополнительной (по отношению к энергоёмкости результатов) – *энергоёмкости продукции*. Эта

оценка является рыночной и двойственной: по удельным денежным затратам на получение результата и по влиянию на доходность предприятия при реализации (по конкурентоспособности).

Обе оценки имеют прямое отношение к затратам энергии. Таким образом, в ПЭС оценки действия энергии выходят за рамки, установленные технологией производства к значениям результатов действия, и входят в сферу общих для предприятия, региона, страны экономических результатов.

Для определения и анализа показателей энергоэффективности предлагается графическое отображение МКО в виде универсальной энергетической диаграммы (УЭД) в четырёх квадрантах (рис. 1) [3, 4].

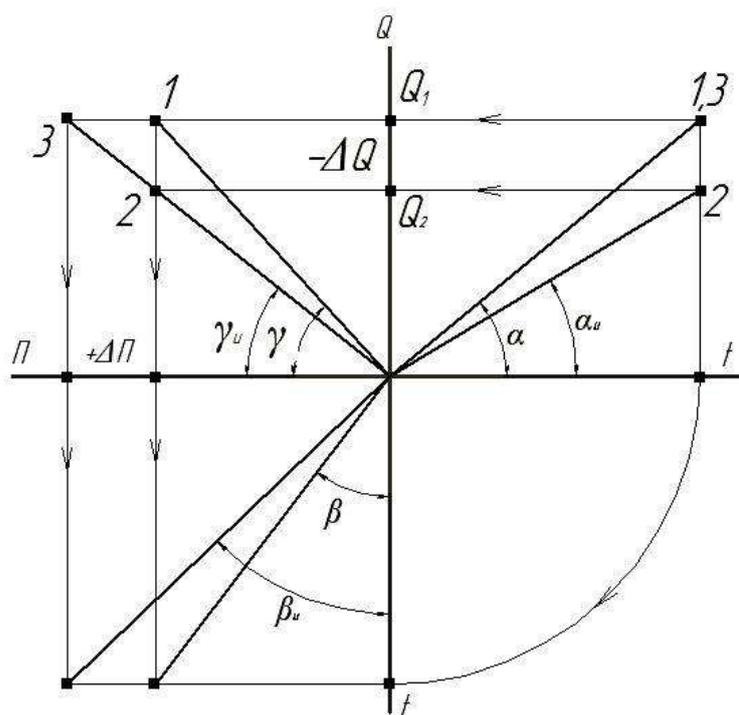


Рисунок 1. Универсальная энергетическая диаграмма

Использование УЭД для анализа энергетики на уровне предприятия позволит выявить основные особенности, связывающие все составные части производства (технология, энергетическое и техническое обеспечение) в систему с единым показателем – энергоёмкость продукции, и обосновать два варианта развития практического энергосбережения (экстенсивное и интенсивное).

На рисунке предложен пример, в котором за определенный период времени показания конечных счетчиков соответствует точке 1 в первом и во втором квадрантах. При реализации **экстенсивного** энергосбережения снижение потребления энергии ( $Q_1 \rightarrow Q_2$ ) влечет за собой снижение мощности до величины  $P_2 = tg\alpha_u$ . Во втором квадранте рабочей точкой является точка 2, соответствующая прежнему объему выпуска продукции  $\Pi$  при сниженной энергоёмкости  $Q_{п2} = tg\gamma_u$ .

Вариант энергосбережения, при котором потребление энергии возвращается к прежнему уровню и достигается увеличением масштабов

производства при сниженной энергоемкости и прежней мощности  $P_1 = \operatorname{tg}\alpha$ , предлагается считать **интенсивным**. Достигнутое повышение эффективности использования энергии за счет мер по энергосбережению ( $Q_{п1} > Q_{п2}$ ) направлено на увеличение выпуска продукции  $+\Delta\Pi$ .

Если реализуется тактика интенсивного энергосбережения, то при прежнем энергопотреблении  $Q$  и соответствующей ему мощности  $P_1$  рабочий режим во втором квадранте из точки 1 перемещается в точку 3, что соответствует уменьшенной энергоемкости  $Q_{п2}$ . Следует отметить, что увеличение выпуска продукции  $+\Delta\Pi$  должно быть обеспечено возрастанием производственной мощности до значения  $M_{п2} = \operatorname{tg}\beta_u$  [5, 6].

УЭД позволяет связать  $Q_n$  и  $Q_k$ , а также определять значение начальной и конечной мощностей на элементе.

### **Выводы.**

Понятия *экстенсивного* и *интенсивного* энергосбережения имеют равнозначный потенциал повышения энергоэффективности, определяемый снижением энергоемкости выпускаемой продукции. Существует и промежуточный вариант энергосбережения – между экстенсивным и интенсивным энергосбережением.

### **Литература**

1. **Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш.** Показатели энергетической эффективности действующих агроинженерных (технических) систем: монография. -СПб.: СПбГАУ, 2014. -160с. ISBN978-5-85983-168-5.
2. **Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш.** Технологическая востребованность и техническое сопровождение увеличения потребления энергии в АПК. Монография. -СПб.: СПбГАУ, 2021. -168 с. ISBN 978-5-85983-359-7.
3. **Стасинопулос П.** Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инжинирингу для устойчивого развития / П. Стасинопулос. – М.: Эксмо, 2012. – 288 с.
4. **Пиризода Дж. С., Юлдашев З.Ш.** Экспериментальные исследования по определению энергетической эффективности работы насосных агрегатов на предприятиях АПК / Доклады ТАСХН. -№3 (65). -2020. -С. 77-83.
5. **Valery N. Karpov, Fedor D. Kosoukhov, Alexey P. Epifanov, Zarifjan Sh. Yuldashev and Vladislav V. Kolosovsky.** Consumer Systems in Agricultural Economics: Focus on Energy Efficiency and Digital Technology / The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Volume 1. –Springer. – P. 634-641. -2021.
6. **Малый патент №ТЖ1167 РТ.** МПК (2006) H 05 B 1/02. G 05 D 23/00. Устройство для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах / В.Н Карпов, З.Ш. Юлдашев, Р.З. Юлдашев, Т.М. Камолов, Ш.И. Мирзоев, Л.С. Касобов. -№2021498, заявл. 13.01.2021. Бюл. №172, 2021.

**Авторы:**

Д.т.н., доцент **Юлдашев Зарифджан Шарифович**,  
Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ  
734064, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, улица Айни, 299/1.  
Телефон: +(992 37) 2258092.  
E-mail: [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru)

К.т.н. **Юлдашев Рауф Зарифджанович**,  
Частный консультант  
734064, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, улица Шамси, 24, квартира 50.

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

*З.Ш. Юлдашев*

ФТИ имени С.У. Умарова НАНТ

В статье приводится описание разработанного устройства для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах нагрева и подъема жидкости. По измеренным двум параметрам (значению израсходованной энергии на входе ЭТП и результату на выходе ЭТП) в течение времени  $t_{\text{факт}}$  в любом энерготехнологическом процессе при помощи разработанного устройства можно определить эффективность использования энергии в энерготехнологических процессах по приведенным в примерах алгоритмам.

**Ключевые слова:** нагрев жидкости, подъем жидкости, диагностика, энергоэффективность, энерготехнологический процесс

## Введение

Энерготехнологический процесс (ЭТП) нагрева и подъема жидкости практически используются во всех технологиях народного хозяйства. В настоящее время промышленность не выпускает специальных информационно-измерительных систем для определения показателей энергоэффективности процесса нагрева жидкости и ее подъема (энергоемкости выполнения ЭТП, техническое состояние устройства, потери энергии и др.).

## Материалы и методы.

На основании литературного обзора и патентного поиска установлено, что существует множество устройств для диагностики и определение энергетических показателей выполнения энерготехнологического процесса (ЭТП).

Целью настоящей статьи является разработка и совершенствование конструкции устройство для определения эффективности использования энергии по двум измеряемым параметрам ЭТП, получения результата действия энергии, получение показателей эффективности использования энергии и энергетического паспорта энерготехнологического процесса [1, 2].

Устройство позволяет проводить все измерения при неразрушающем контроле, то есть, без вмешательства в схему ЭТП и технологию получения результата действия энергии.

На рисунке схематично изображено устройство для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах.

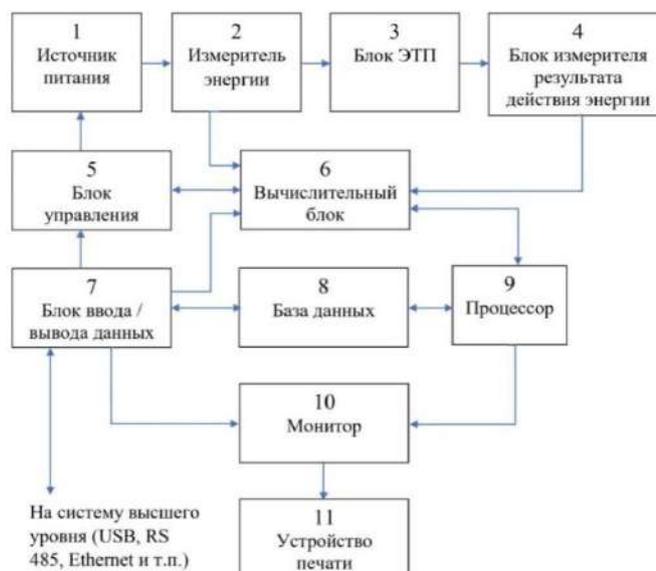


Рисунок 1. Устройство для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах

Устройство состоит из следующих элементов: источника питания (например, электрическая сеть для электрической энергии, трубопровод питания природного газа для подачи природного газа), измерителя энергии, который предназначен для измерения потребленной энергии (измеряет интегральное значение израсходованной энергии). Например, для измерения электрической энергии в качестве измерителя энергии может быть использован электронный счетчик электрической энергии, для измерения энергии при использовании природного газа – газовый счетчик, механической энергии – измеритель механической энергии.

Результатом действия энергии  $R$ , в зависимости от вида ЭТП могут быть, например, значение повышения температуры воды от начального  $t_{нач}$  до конечного установленного значения температуры  $t_{кон}$  нагреваемой воды, объем воды  $W$  при перекачивании ее на высоту  $H$  и количество выпущенного продукта, измеряемое в штуках, тоннах, литрах и т.п.

Устройство для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах работает следующим образом.

Перед определением эффективности использования энергии вводится исходная информация, в зависимости от назначения ЭТП и достигаемого результата действия энергии  $R$ .

**Пример №1** – ЭТП нагрева воды в водонагревателе. Вводятся следующие параметры: -масса воды  $m$  (кг), начальная температура воды  $t_{нач}$  (°C), конечная установленная температура воды  $t_{кон}$  (°C), теплоемкость воды  $c$  (Дж/кг\*°C) и номинальная мощность ТЭН-а  $P_{ном}$  (кВт).

Результатом действия энергии  $R$  ЭТП нагрева воды является повышение температуры воды от начального  $t_{нач}$  до конечного установленного значения температуры  $t_{кон}$ :

$$R = t_{кон} - t_{нач} \quad (1)$$

Включение устройства для определения эффективности использования энергии в ЭТП осуществляется при помощи блока управления после ввода

исходной информации, с визуализацией на мониторе. При этом происходит отсчет времени в вычислительном блоке. Измеритель энергии измеряет поступающую от источника питания к ЭТП энергию, где происходит нагрев воды до конечной установленной температуры воды  $t_{\text{кон}}$ . Блок измерителя результата действия энергии измеряет и передаёт фактическое значение температуры воды в вычислительный блок, где происходит его сравнение с конечной установленной температурой воды  $t_{\text{кон}}$ .

По данным введенным с блока управления в вычислительном блоке рассчитываются теоретическое необходимое количество энергии на нагрев  $Q_{\text{теор}}$  и теоретическое время нагрева воды  $t_{\text{теор}}$ . Теоретическое необходимое количество энергии  $Q_{\text{теор}}$  для заданной массы воды определяется по формуле:

$$Q_{\text{теор}} = c \cdot m \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) = c \cdot m \cdot R, \quad (2)$$

Определяется теоретическое время  $t_{\text{теор}}$  нагрева воды с учетом номинальной мощности  $P_{\text{ном}}$ :

$$t_{\text{теор}} = Q_{\text{теор}} / P_{\text{ном}}. \quad (3)$$

Результаты измерения измерителя энергии и блока измерителя результата действия энергии дискретно поступают на входы вычислительного блока и сохраняются. В зависимости от особенностей процесса и требуемой точности частота измерений может быть различной (секунда, минута, час).

При достижении температуры воды конечной установленной температуры  $t_{\text{кон}}$ , при помощи вычислительного блока фиксируются фактическое время  $t_{\text{факт}}$  нагрева (достигается результат действия энергии  $R$ ) и величина потреблённой энергии  $Q_{\text{факт}}$ . При этом по команде вычислительного блока пульт управления отключает источник питания.

На практике обычно фактическое время нагрева всегда будет больше теоретического времени нагрева из-за потерь энергии:

$$t_{\text{факт}} = t_{\text{теор}} + \Delta t. \quad (4)$$

В вычислительном блоке определяется приращение времени  $\Delta t$  между фактическим  $t_{\text{факт}}$  и теоретическим временем нагрева  $t_{\text{теор}}$ :

$$\Delta t = t_{\text{факт}} - t_{\text{теор}}. \quad (5)$$

При известном значении мощности ТЭН-а и вычисленном значении приращения времени  $\Delta t$ , определяется величина потерь энергии  $\Delta Q$  на выполнение энерготехнологического процесса нагрева воды:

$$\Delta Q = P_{\text{ном}} \cdot \Delta t = P_{\text{ном}} (t_{\text{факт}} - t_{\text{теор}}) = Q_{\text{факт}} - Q_{\text{теор}}. \quad (6)$$

По завершении энерготехнологического процесса нагрева воды, вычислений и расчетов на процессоре происходит сравнение результатов расчета с паспортными данными и/или предыдущими данными.

Определяются следующие параметры:

1. энергоемкость энерготехнологического процесса:

$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{факт}} / Q_{\text{теор}}. \quad (7)$$

2. относительные потери  $\Delta Q^{\text{пасп}}$  относительно паспортных данных:

$$\Delta Q_{\text{пасп}*} = \frac{(\Delta Q - \Delta Q_{\text{пасп}})}{\Delta Q_{\text{пасп}}} * 100\%; \quad (8)$$

3. относительные потери  $\Delta Q^*$  относительно современных инновационных энерготехнологических процессов:

$$\Delta Q_{\text{инновац.}*} = \frac{(\Delta Q - \Delta Q_{\text{инновац.}})}{\Delta Q_{\text{инновац.}}} * 100\%; \quad (9)$$

4. вырабатываются рекомендации (количество рекомендаций зависит от степени сложности ЭТП).

5. создается энергетический паспорт энерготехнологического процесса, где приводятся: название, назначение и месторасположение энерготехнологического процесса, дата и время проведения измерений, паспортные данные энерготехнологического процесса, результаты всех (предыдущих и настоящих) измерений, вычислений и расчетов показателей эффективности использования энергии в энерготехнологическом процессе.

**Пример №2.** – энерготехнологический процесс подъема воды при помощи насосного агрегата. С пульта управления вводятся следующие параметры: объем воды  $W$  ( $\text{м}^3$ ), высота подъема  $H$  ( $\text{м}$ ), номинальная мощность электродвигателя насосного агрегата  $P_{\text{ном}}$  ( $\text{кВт}$ ).

При определении эффективности использования энергии в ЭТП при подъеме объема  $W$  воды на высоту  $H$  в вычислительном блоке определяются: -теоретическое необходимое количество энергии для подъема объема воды  $W$  на высоту  $H$ :

$$Q_{\text{теор}} = 1000 \cdot W \cdot g \cdot H. \quad (10)$$

-определяется теоретическое время  $t_{\text{теор}}$  подъема заданного количества воды на высоту  $H$ :

$$t_{\text{теор}} = Q_{\text{теор}} / P_{\text{ном}}. \quad (11)$$

По результатам измерений определяется фактическое время  $t_{\text{факт}}$  подъема объема воды на высоту  $H$ , при котором достигается результат  $R$  (объем поднятой воды) и значение израсходованной фактически энергии  $Q_{\text{факт}}$ .

Обычно фактическое время подъема воды всегда будет больше теоретического времени подъема воды.

$$t_{\text{факт}} = t_{\text{теор}} + \Delta t. \quad (12)$$

Определяется приращение времени фактического и теоретического времени подъема воды:

$$\Delta t = t_{\text{факт}} - t_{\text{теор}}. \quad (13)$$

Определяются потери энергии в энерготехнологическом процессе при подъеме воды:

$$\Delta Q = P_{\text{ном}} \cdot \Delta t = P_{\text{ном}}(t_{\text{факт}} - t_{\text{теор}}) = Q_{\text{факт}} - Q_{\text{теор}}. \quad (14)$$

По завершении энерготехнологического процесса нагрева воды, вычислений и расчетов на процессоре происходит сравнение результатов расчета с паспортными данными и/или предыдущими данными.

Определяются следующие параметры:

1. энергоемкость энерготехнологического процесса:  $Q_э = Q_{\text{факт}} / Q_{\text{теор}}$ .
2. относительные потери  $\Delta Q^{\text{пасп}*}$  относительно паспортных данных:  

$$\Delta Q^{\text{пасп}*} = \frac{(\Delta Q - \Delta Q_{\text{паспорт}})}{\Delta Q_{\text{паспорт}}} * 100\%; \quad (15)$$
3. относительные потери  $\Delta Q^*$  относительно современных инновационных энерготехнологических процессов:  

$$\Delta Q^{\text{инновац.*}} = \frac{(\Delta Q - \Delta Q_{\text{инновац.}})}{\Delta Q_{\text{инновац.}}} * 100\%; \quad (16)$$
4. вырабатываются рекомендации (количество рекомендаций зависит от степени сложности энерготехнологического процесса).
5. Аналогично как в п.5 Примера №1.

### Выводы.

Таким образом, по измеренным двум параметрам (значению израсходованной энергии на входе ЭТП и результату на выходе ЭТП) в течение времени  $t_{\text{факт}}$  в любом энерготехнологическом процессе при помощи предлагаемого устройства для определения эффективности использования энергии можно определить эффективность использования энергии в энерготехнологическом процессе по приведенным в примерах алгоритмам.

### Литература

1. Пат. №2727149 РФ. МПК G01R 21/14, H05B 1/02. Устройство для определения потерь энергии в энерготехнологических процессах / Заявитель и патентообладатель: СПбГАУ, В.Н. Карпов. Авторы: В.Н. Карпов, З.Ш. Юлдашев, А.А. Немцев, И.А. Немцев, Ю.А. Старостенков. -№2017146053. Опубликовано: 09.07.2020. Бюл. № 19.
2. Пат. №156085 РФ. МПК<sup>6</sup> B28B7/24. Устройство контроля показателей энергоэффективности процесса нагрева жидкости / Заявитель и патентообладатель: СПбГАУ, В.Н. Карпов. Авторы: В.Н. Карпов, З.Ш. Юлдашев, А.А. Немцев, И.А. Немцев. -№2015120355/28(031439). Дата подачи 28.05.2015.
3. Малый патент №ТJ1167 РГ. МПК (2006) H 05 B 1/02. G 05 D 23/00. Устройство для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах / В.Н Карпов, З.Ш. Юлдашев, Р.З. Юлдашев, Т.М. Камолов, Ш.И. Мирзоев, Л.С. Касобов. -№2021498, заявл. 13.01.2021. Бюл. №172, 2021.
4. Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш., Немцев А.А., Немцев И.А. Управление энергетической эффективностью предприятия - это правильный выбор оборудования и действия энергии. - Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - СПб.: СПбГАУ. -2016. - №45. - С.291-297.

### Автор:

Д.т.н., доцент, **Юлдашев Зарифджан Шарифович**,  
 Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ  
 734064, Республика Таджикистан,  
 г. Душанбе, улица Айни, 299/1.  
 Телефон: +(992 37) 2258092.  
 E-mail: [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru)

# К ВОПРОСУ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ ПРИ ОБРЫВАХ В СЕТИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

*М.Б.Инояттов, Ш.Дж. Джураев*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

*Б.Д. Инояттов*

ООО «Интеллектуальные системы»

Нижеизложенный материал посвящен исследованиям распределения токов однофазного замыкания на землю, при обрывах в сети заземления.

**Ключевые слова:** заземление, потенциал, проводимость, замыкание, сопротивление.

При многократных обрывах, заземляющих провода (рис. 1), независимо от количества обрывов, ток стекает в землю только через заземлители, расположенные между точкой заземления и местом первого обрыва (после  $k$  – го заземлителя). Все остальные заземлители оказываются соединенными параллельно между собой проводимостью  $Y_{\text{фз}}$  двух неповрежденных фаз относительно земли. Именно через них ток возвращается в две другие объединенные здоровые фазы. При этом, очевидно, необходимо рассмотреть отдельно промежуточные участки между  $k+1$  – м и  $m$  – м заземлителя, к которым присоединены местные заземлители и главное заземляющее устройство.

На участке от  $k+1$ -го до  $m$  – го заземлителя к которому присоединены только местные заземлители, каждый из заземлителей соединен последовательно с распределенным сопротивлением двух объединенных фаз, по отношению к заземляющему проводу, на участке включающем половины отрезков между рассматриваемым и двумя соседними заземлителями (рис. 1).

В соответствии с известными формулами для цепи с распределенными постоянными, величина тока  $I_k$  применительно к середине участка между двумя заземлителями определяется из формулы:

$$I'_k = \frac{U_{\text{фз}} - U_k}{Z_c} \cdot \text{sh} \frac{\gamma \cdot l}{2} + \frac{I_k}{2} \cdot \text{ch} \frac{\gamma \cdot l}{2}$$

$$I'_k = \frac{U_{\text{фз}} - U_k}{Z_c} \text{sh} \frac{\gamma l}{2} + \frac{I_k}{2} \text{ch} \frac{\gamma l}{2}$$

Для середины участка между двумя соседними заземлителями:

$$I'_k = 0 \text{ и } I_k = \frac{U_k}{R}$$

При подстановке этих величин в предыдущую формулу получаем:

$$I_0 = \frac{U_{\text{фз}} - U_k}{Z_c} \text{sh} \frac{\gamma l}{2} + \frac{U_k}{2R} \text{ch} \frac{\gamma l}{2} ,$$

Откуда,

$$U_k = U_{\text{фз}} \frac{\text{Sh} \frac{\gamma l}{2}}{\text{Sh} \frac{\gamma l}{2} + \frac{Z_c}{2R} \text{ch} \frac{\gamma l}{2}}$$

Входная проводимость элемента сети заземления, включающего один заземлитель, выразится, формулой:

$$Y'_k = \frac{I_k}{U_{\text{фз}}} = \frac{U_k}{R \cdot U_{\text{фз}}} = \frac{\text{Sh} \frac{\gamma l}{2}}{R \cdot \left[ \text{Sh} \frac{\gamma l}{2} + \frac{Z_c}{2R} \text{ch} \frac{\gamma l}{2} \right]} \quad (1)$$

Для участка от  $m+1$ -го заземлителя до конца заземляющей линии, к которой присоединены местные заземлители и главное заземляющее устройство, входная проводимость сети заземления определяется на условия равенства суммарного тока, протекающего в сеть заземления через все местные заземлители и главное заземляющее устройство, суммарному току, протекающему из сети заземления в объединенные здоровые фазы.

Суммарный ток, протекающий в сеть заземления, через местные заземлители, определяется формулой идентичной формуле (1),  $(k-1)$ , при замене в ней  $U_0$  и  $U_n$  на  $U_{mn}$  с переменной знаков перед этими потенциалами, т.е., формулой:

$$i'_\Sigma = -\frac{U_n - U_{m+1}}{2R} \left[ \frac{\text{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{th} \frac{\alpha}{2}} - 1 \right] - \frac{C_1}{R} \left[ \frac{\text{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{th} \frac{\alpha}{2}} - (n-m) \right] \quad (2)$$

Ток протекающий в сеть заземления через главное заземляющее устройство, определяется формулой идентичной формуле (2),  $(k-1)$ , с заменой в ней  $I'_{n-1}$  на  $I_n$ , т.е. формулой:

$$i_n = -\frac{U_n - U_{m+1}}{2R} \left[ \frac{\text{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{th} \frac{\alpha}{2}} - 1 \right] - \frac{C_1}{R} \left[ \frac{\text{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{th} \frac{\alpha}{2}} - (n-m) \right] \quad (3)$$

Суммарный ток, протекающий из сети заземления в объединенные здоровые фазы, определяется формулой (2),  $(k-1)$ , с изменениями, аналогичными формулы (2),  $(k-1)$ , т.е., формулой:

$$i''_\Sigma = \frac{\text{th} \frac{\gamma l}{2}}{Z_c} \left\{ -(U_n + U_{m+1}) \frac{\text{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{th} \frac{\alpha}{2}} - 2C_1 \left[ \frac{\text{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{th} \frac{\alpha}{2}} - (n-m) \right] + 2(n-m) \cdot U_{\text{фз}} \right\} \quad (4)$$

Условие равенства суммарного тока, протекающего в сеть заземления через все местные заземлители и главные заземляющее устройство, равно суммарному току протекающего из сети заземления в объединенные здоровые фазы, запишется в виде:

$$i' = \frac{U_n}{R_0} = i''_k \quad (5)$$

Дополнительным уравнением, позволяющим в конечном итоге выразить обе части уравнения (5) через  $U_{\text{фз}}$  и, следовательно, найти искомую проводимость, является формула, идентичная формуле (5),  $(k-1)$ , с упомянутыми ранее изменениями и приравниванием тока  $I_{m+1}$  в месте обрыва нулю, т.е., формула:

$$U_k - U_{mn} = Z_c \text{Sh} \gamma l \left[ + \frac{I_n + 2I_2}{2} \cdot \frac{\text{Sh} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\text{Sh} \frac{\alpha}{2} \text{Ch} \frac{(n-m-1)}{2}} + nC_2 \right] - (\text{Ch} \gamma l - 1)$$

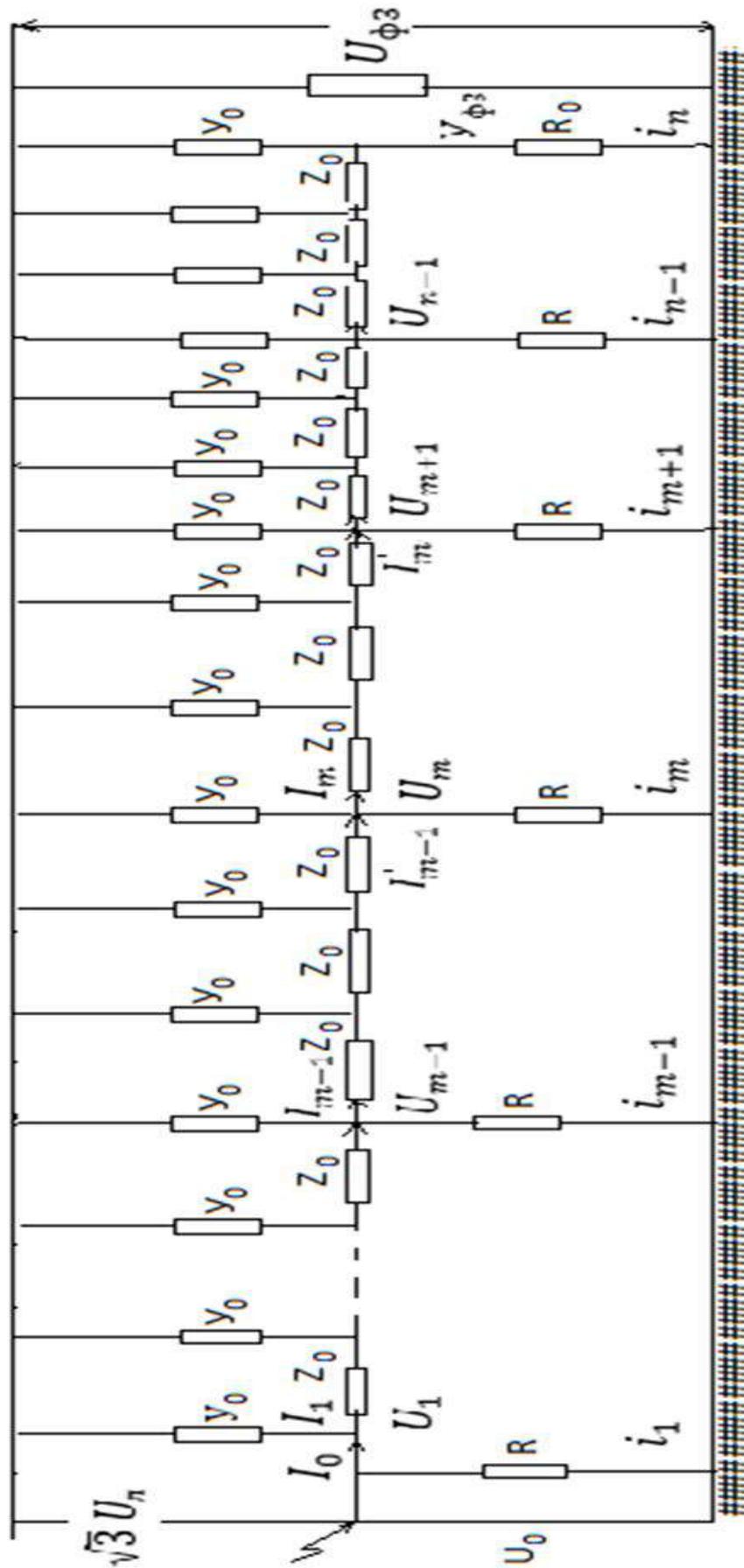


Рисунок 1. Схема распределения тока однофазного замыкания при непрерывной сети заземления

$$\left\{ U_m - \frac{U_n + U_{n-m}}{2} \left( \frac{\operatorname{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\operatorname{th} \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) - C_1 \left[ \frac{\operatorname{th} \frac{\alpha(n-m)}{2}}{\operatorname{th} \frac{\alpha}{2}} \right] + (n-m) \cdot U_{\phi 3} \right\} \quad (6)$$

Определение входной проводимости, в общем виде, достаточно сложно и не вызывается необходимостью.

Одновременно со всем этим, с точки зрения аналитического исследования, непосредственный интерес представляют параметры:

- ток  $I_0$  однофазного замыкания на сеть заземления;
- суммарный ток  $i_{\Sigma}$ , стекающий в землю через местные заземлители до первой точки разрыва, главным заземляющим устройством и емкостью сети относительно земли;
- потенциалы  $U_0$  в точке замыкания на землю, на местных заземлителях за первой точкой обрыва и на главном заземляющем устройстве.

В случае первого обрыва цепи заземления на  $k - m$  заземлителе и последующего обрыва на  $m - \mu$  заземлителе, для определения распределения тока однофазного заземления на землю, в цепи заземления, необходимо решить совместно систему уравнений (2) – (6), приравнявая в них нулю величину тока  $I_n$  ( $I_n = 0$ ) и введя вместо  $n$ -количество  $k$  местных заземлителей до первого обрыва. При этом уравнение (4) запишется в виде:

$$i_{\Sigma} = U_{\phi 3} (Y'_k + Y''_k + Y_{\phi 3}) \quad (7)$$

Совместному решению всех этих уравнений целесообразно предпослать анализ полученных выражений.

**Выводы.** Выше изложенный материал исследования распределения тока однофазного короткого замыкания на землю, для случая обрывов в сети заземления.

Выполненные исследования представляют большой практический интерес в решение вопросов проблемы электробезопасности.

Основные результаты:

1) Обоснованы и выведены формулы для токов и потенциалов в точке присоединения заземлителей, а также для тока возвращающегося в фазы электрической сети из сети заземления.

2) Получены формулы для токов, стекающих в землю до точки первого обрыва в сети заземления, за точкой обрыва в последней и на главном заземляющем устройстве.

3) Получены формулы для потенциалов на заземлителях в точках их присоединения до места (точки) первого разрыва и за ним.

4) Получена формула для тока, возвращающегося в фазы электрической сети заземления при её обрывах.

## Литература

1. Иноятов М.Б., Иноятов Б.Д. Аналитическое исследование распределения тока однофазного замыкания на землю в сети заземления // Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика Таджикистана: Актуальные проблемы и пути их решения» Душанбе-2019.

2. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы. - М. Энергия, 1970. - 204с.

**Авторы:**

к.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика» **Иноятов М.Б.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (904) 31-11-11

E-mail: [inoyatov\\_39@mail.ru](mailto:inoyatov_39@mail.ru)

к.т.н., ст. преп. кафедры «Электроэнергетика» **Джураев Ш.Дж.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (934) 83-11-00

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

к.т.н., старший инженер отдела «АСДУ (Автоматизированная система диспетчерского управления)», **Иноятов Б.Дж.**

ООО «Интеллектуальные системы»

398026, г. Липецк (Российская Федерация), ул. Желябова, дом 2, офис 307.

Телефон: +7 (926) 167-23-44

E-mail: [i\\_behruz77@mail.ru](mailto:i_behruz77@mail.ru)

# ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ С НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛЬТ - АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

*З.С. Ганиев, Х.Б. Назиров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

*С.Т. Исмоилов,*

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими  
*М.М. Камолов*

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

В статье представлены результаты инструментальных измерений показателей качества электроэнергии (ПКЭ) характеризующих несинусоидальность в распределительной сети коммунально-бытового назначения. Осуществлено сравнение результатов измерений согласно ГОСТ 32144-2013. 4. По результатам измерений определена корреляционная зависимость между напряжением сети и  $THD$  электроприёмников.

**Ключевые слова:** оценка, напряжение, ток, измерения, качество электроэнергии, электроприёмник.

Последнее время в быту широко используются сравнительно маломощные современные электроприёмники (ЭП), которые в свою очередь, оказывают отрицательное влияние на питающую сеть и на режим работы сети, генерируя высшие гармоники тока [1, 4-6]. Результаты измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) показывают, что в узлах содержащие ЭП с нелинейной вольтамперной характеристикой (ВАХ) наблюдается существенный уровень высших гармоник тока (ВГТ). Следует отметить, что во время эксплуатации нелинейные электроприемники не сильно искажают форму кривой напряжения за счёт малой единичной мощности, а форма кривой тока сильно искажается. Эти ВГТ, распространяясь по сети в узлах ЭП создают высшие гармоники (ВГ) напряжения.

Несинусоидальность напряжения характеризуется по суммарному коэффициенту гармонических составляющих кривой напряжения  $K_U$  и коэффициенту  $n$ -й гармонической составляющей до 40-го порядка  $K_{U(n)}$ .

Значение суммарного коэффициента гармонических составляющих кривой напряжения определяется согласно ГОСТ 3084.4.7. В данном ГОСТ-е для обозначения коэффициента использован суммарный коэффициент THD (total harmonic distortion).

$$THD_Y = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{\max}} \left( \frac{Y_{Hh}}{Y_{H1}} \right)^2} \quad (1)$$

где:  $Y_{Hh}$  - среднеквадратическое значения суммы всех гармонических составляющих ( $Y$  заменяют символом  $I$  для тока, а для напряжения  $U$ );  
 $h_{\max}$  - порядок гармонических составляющих (принимают равным 40);

$Y_{H1}$  - среднеквадратическое значения основной составляющей (для тока  $Y$  заменяют символом  $I$ , а для напряжения  $U$ ).

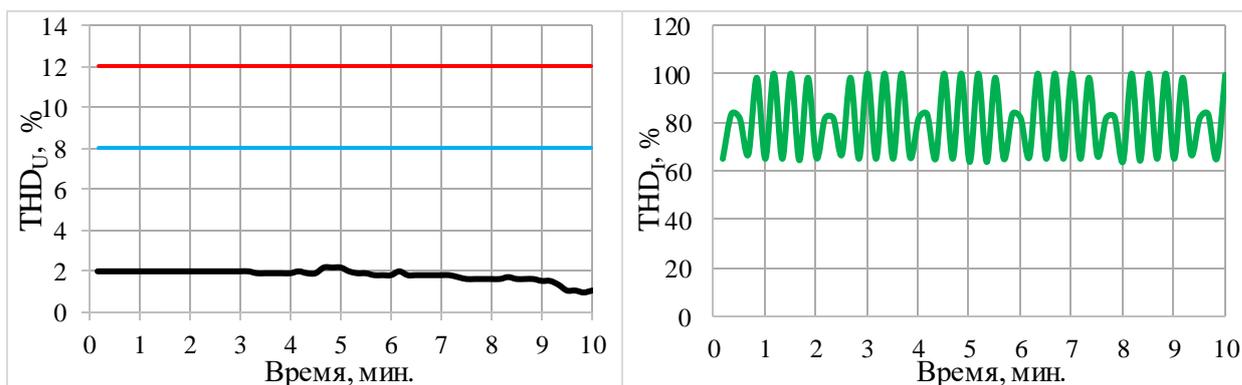
В соответствии с действующим стандартом РТ, значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения рассчитывается по следующей формуле:

$$K_U = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} \cdot 100\% \quad (1)$$

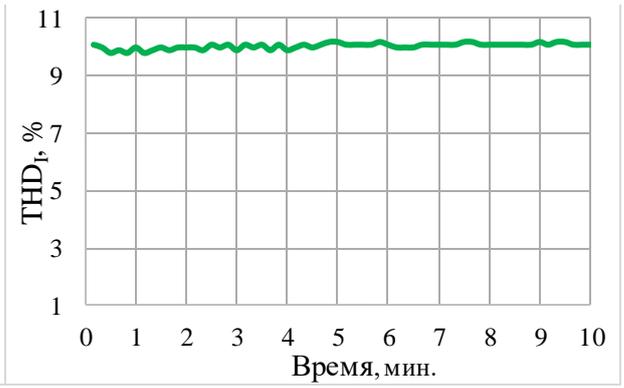
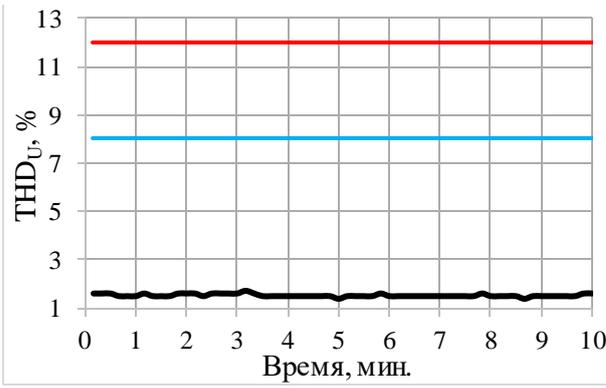
где:  $n$  – порядок гармоники;  $U_{(n)}$  - действующее значения  $n$  – й гармоники (В);  $U_{(1)}$  - основная гармоника (В);

В электрических сетях напряжением 0,38 кВ для значений суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения установлены нормы [2]. Нормально допустимое значение  $K_U$ , усредненное в интервале времени 10 мин. не должно превышать  $K_U = 8\%$  в течение 95% времени интервала в одну неделю и предельно допустимое значения  $K_U = 12\%$  в течение 100% времени интервала в одну неделю [2].

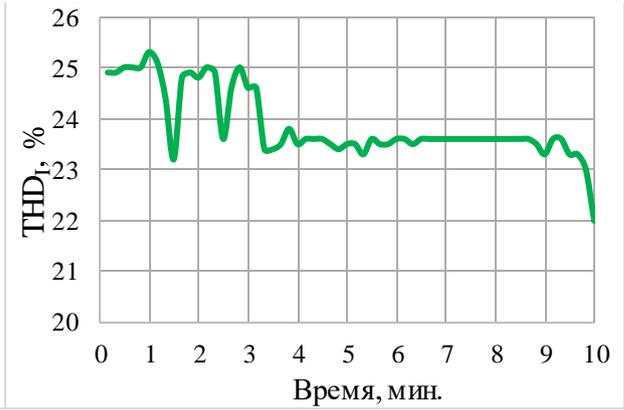
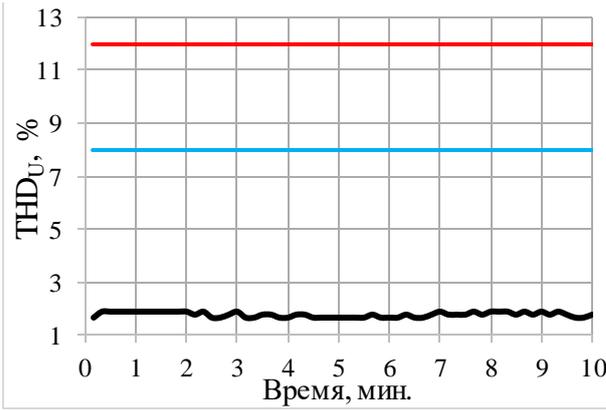
Для определения значения суммарного коэффициента гармонических составляющих кривых тока и напряжения ЭП коммунально-бытового назначения, проведены многочисленные измерения показателей качества электроэнергии с помощью современного средства измерения *FLUKE-1735*. Эксперименты были произведены на специфической испытательной установке предназначенной для выявления генерации ВГТ для каждого ЭП индивидуально.



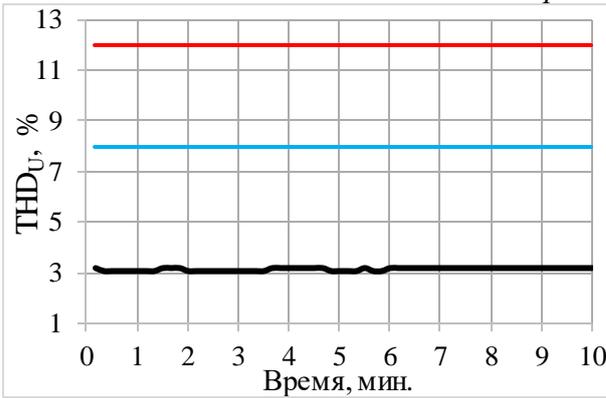
Стиральная машина



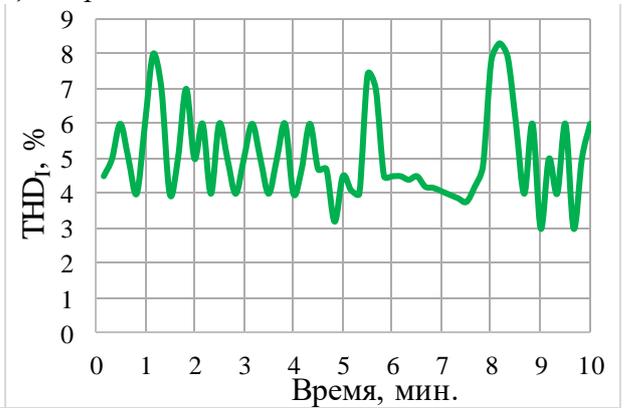
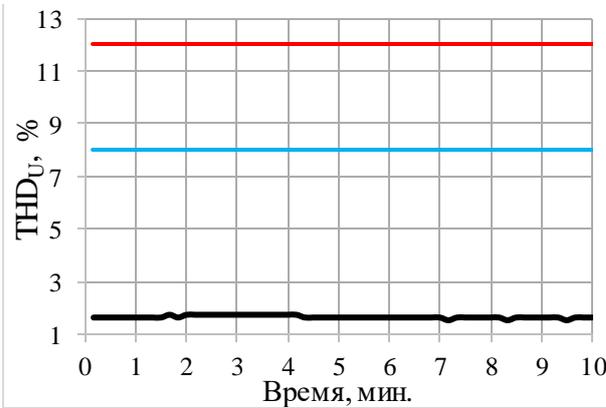
*Пылесос*



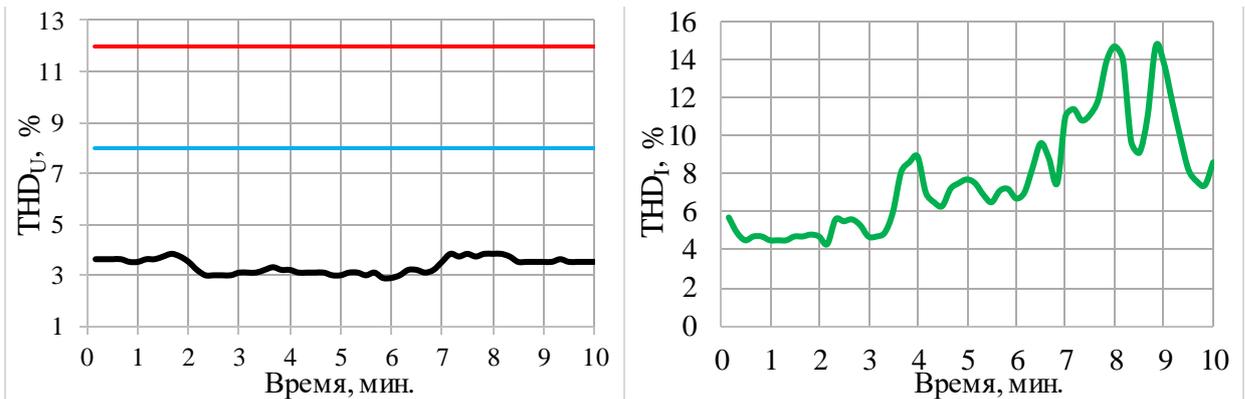
*Микроволновая печь*



*Кондиционер*



*Телевизор*



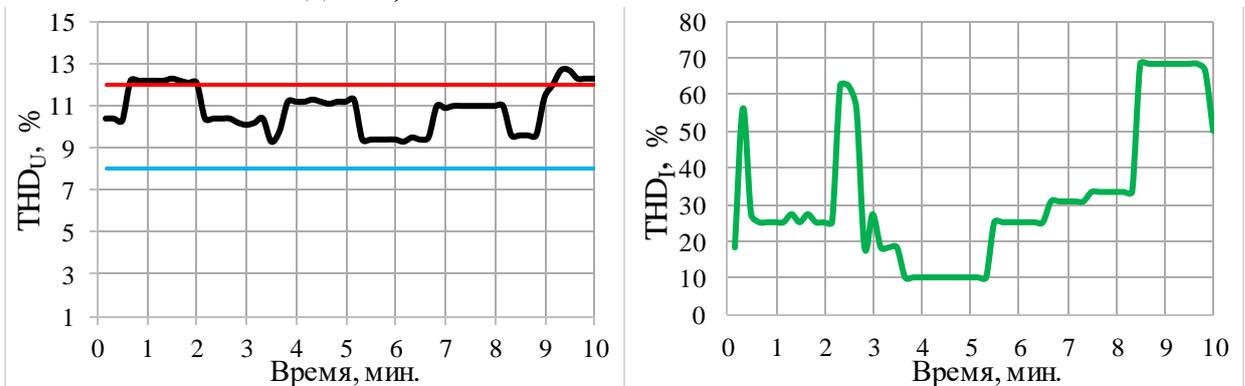
Холодильник

- предельно допустимый; - нормально допустимый

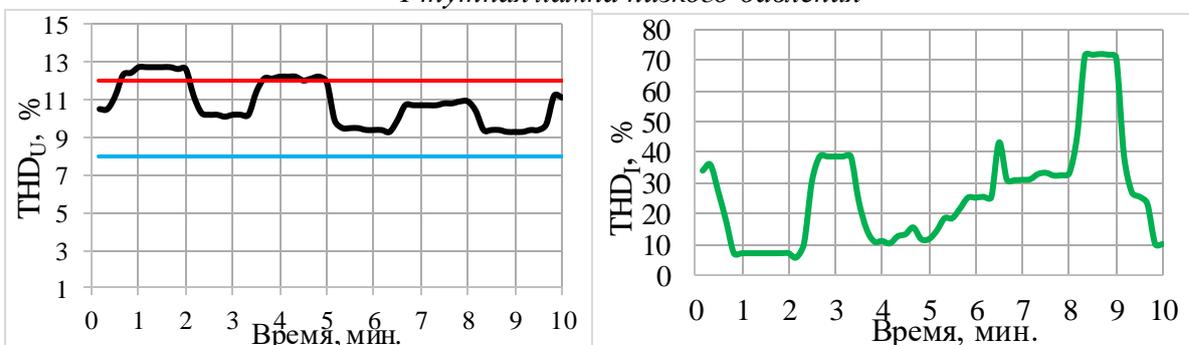
Рисунок 1. График изменения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения и токов для различных типов ЭП

Из графиков следует, что суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения всех электроприемников не выходит за пределы нормально допустимых значений, которые установлены в нормативном документе [2]. Максимальное значение  $THD_U$  у холодильника, которое составляет 4%, а у остальных ЭП значения  $THD_U$  находится в интервале 1-3 %.

Однако диапазон изменения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока ЭП следующие:  $THD_I$  стиральной машины составляет 80 – 100 %, микроволновой печи составляет 22-25,5 %, а остальных ЭП составляет от 3 % до 18,5 %.



Ртутная лампа низкого давления



LED прожектор

- предельно допустимый и - нормально допустимый

Рисунок 2. График изменения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения и токов для различных типов ламп

Как видно из результатов измерения (см. рис. 2), диапазон изменения величины  $THD_U$  составляет от 9% до 13,5%. У лампы накаливания в 10 минутном интервале  $THD_U$  составляет 0-26%. Значения суммарных коэффициентов несинусоидальности  $n$ -ой гармонической составляющей по напряжению, рассматриваемых ламп, находятся за пределами допустимого значения требования нормативного документа [2].

Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока в ГОСТ 32144-2013 не нормируется, однако процент искажения  $THD_I$  в лампах очень велик. Диапазон изменение  $THD_I$  в лампах составляет 0-70%.

Для подробной оценки и выявления причины отклонения от нормы ПКЭ, используется корреляционный метод. Существуют ряд методов для определения коэффициента корреляции. Наиболее точным и распространённым является метод квадратов (Пирсон). Коэффициент корреляции по методу Пирсона определяется по следующей формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (2)$$

Другие варианты формул:

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

или

$$K_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

где:  $K_{xy}$  - коэффициент ковариации (корреляционный момент).

$$K_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n} \quad (5)$$

$$r = \frac{\sigma^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x-y}^2}{2\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (6)$$

Вычисления коэффициента корреляции по методу Пирсона имеет следующий порядок расчета:

1. Расчёт средних значений  $x, y$  :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad \text{и} \quad \overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n}$$

2. Расчёт дисперсий  $D$  :

$$D(x) = S^2(x) = \frac{x_i^2}{n} - \bar{x}^2 \quad \text{и} \quad D(y) = S^2(y) = \frac{y_i^2}{n} - \bar{y}^2$$

3. Расчет среднеквадратических отклонений:

$$\sigma_x = \sqrt{D(x)} \quad \text{и} \quad \sigma_y = \sqrt{D(y)}$$

4. Расчет коэффициента корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Критерий коэффициента корреляции Пирсона оценивается по шкале Чеддока [3]. Величина этого коэффициента находится в пределах от -1 до +1. В зависимости от значения коэффициента Пирсона, связи между  $x$  и  $y$  могут быть прямыми и обратными. Прямая зависимость получается если коэффициент положительный, обратная если коэффициент отрицательный. Связь отсутствует если коэффициент принимает значения 0. При коэффициенте корреляции равном от 0 до 0,29, то связь между  $x$  и  $y$  слабая. Если коэффициент находится в интервале от 0,3 до 0,69 то связь средняя. Связь сильная если коэффициент в диапазоне 0,7-0,99. При значении коэффициента равного 1 связь будет полной (функциональное) [3].

По результатам измерений построена корреляционная зависимость напряжения электрической сети от  $THD$  тока и  $THD$  напряжения электроприемников по отдельности.

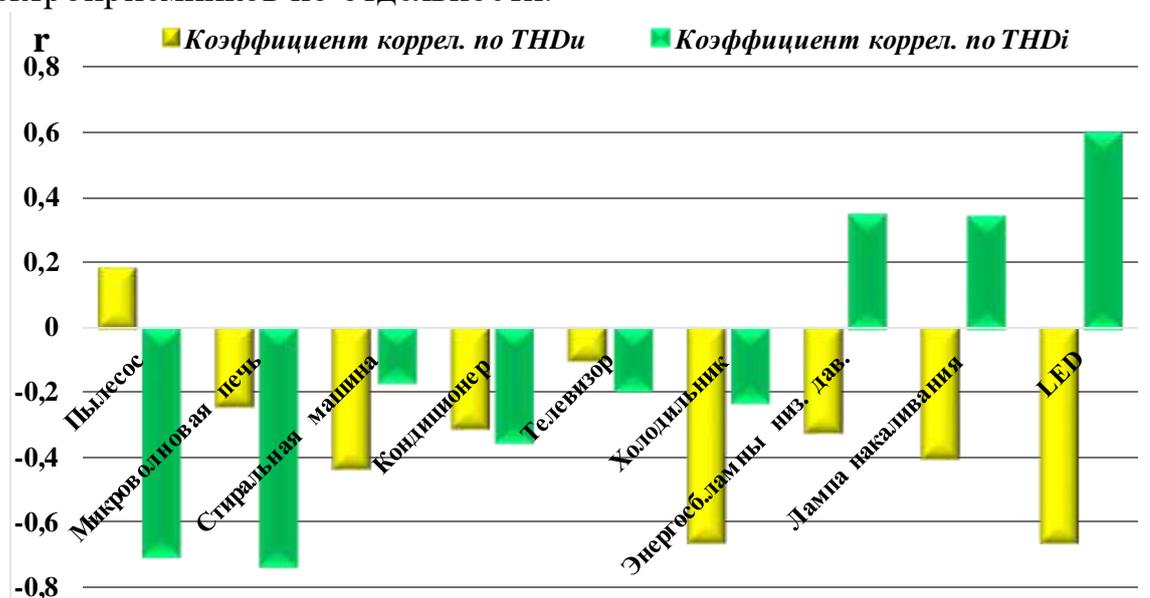


Рисунок 3. Результаты расчёта коэффициента корреляции между напряжением сети и  $THD$  тока и напряжения электроприёмников

По результатам расчёта (рисунок 3) видно, что  $THD_U$  всех ЭП за исключением пылесоса имеют обратную корреляционную зависимость от напряжения сети. Пылесос имеет прямую зависимость, но это зависимость слабая.

Корреляционная зависимость между  $THD_I$  всех ЭП и напряжением сети, кроме ламп, обратная. У ламп (ртутная лампа низкого давления и LED) это зависимость прямая.

У телевизора корреляционная связь между напряжением сети от  $THD_U$  и  $THD_I$  слабая. Сильная корреляционная зависимость по  $THD_I$  наблюдается у пылесоса и микроволновой печи.

Прямая корреляционная зависимость современных ЭП характеризуется наличием трансформаторных блоков питания. При снижении напряжения сети

увеличивается потребляемый ток трансформатора блока питания, для поддержания соответствующего магнитного потока в сердечнике. Увеличение тока осуществляется за счёт реактивной составляющей. Как правило генерируемые ВГ тока зависят от потребляемого тока ЭП с нелинейной ВАХ. При снижении напряжении сети, потребляемый ток ЭП увеличивается и приводит к увеличению тока гармонических составляющих, что влияет на увеличение суммарного тока на зажимах ЭП. Увеличение значения суммарного тока на зажимах ЭП приводит к увеличению теплового нагрева и снижению срока службы изоляции ЭП и элементов системы электроснабжения.

### Выводы

1. С помощью современных анализаторов КЭ, произведены эксперименты по измерению характерных ПКЭ различных современных электроприемников с нелинейной ВАХ.

2. Полученные результаты измерений обрабатывались методами математической статистики, сравнивались с требованием нормативного документа и анализировались причины отклонений от норматива.

3. Результаты измерения показали, что рассматриваемые ЭП имели малую единичную мощность, поэтому слабо влияют на форму кривой напряжения сети, однако форма кривой тока каждого электроприёмника достаточно сильно искажены.

4. По результатам измерений определена корреляционная зависимость между напряжением сети и *THD* электроприёмников.

### Литература

1. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шаманов, Ю.В. Шаров, Р.Р. Насыров. 3-е издание, переработан и дополненное. — М.: Издательский дом МЭИ. 2017. — Ст. 347.

2. ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

3. Интернет ресурс: <https://math.semestr.ru/core1/cheddok.php>.

4. Симуткин М. Г., Тульский В. Н. «Методы оценки влияния гармоник тока на силовые масляные трансформаторы и кабельные линии», Сборник трудов международной научно-практической конференции «Управление качеством электрической энергии», 26-28 ноября 2014г., Москва 2014г.

5. Симуткин М. Г. Разработка методов оценки влияния нелинейных электроприемников на режимы работы оборудования распределительных сетей. / Диссертация, Москва, 2014 г.

6. Таранов М.М. Влияние современных электроприемников коммунально-бытового сектора на показатели качества электроэнергии и потери мощности в сетях 0,38 кВ / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Национальный исследовательский университет МЭИ. Москва, 2010. С. 172.

7. Интернет ресурс: <https://flukeshop.ru/analizatory-kachestva-elektroenergii/registrator/trehfaznyj-registrator-elektroenergii-fluke-1735>.

**Авторы:**

Ст. преп. кафедры «Электроэнергетики» **Ганиев З.С.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (933) 88-70-70

E-mail: zoko@mail.ru

Зав. кафедрой «Электроэнергетики» **Назирова Х.Б.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (931) 00-00-83

E-mail: hurshed84@mail.ru

И.о. доцент кафедры «ТОР и Э» **Исмоилов С.Т.**

ТТУ им. Академика М.С. Осими

734002, г. Душанбе, ул. Ак. Раджабовых, д.10.

Телефон: +992 (93) 533 2933.

E-mail: said.ttu@mail.ru

Ст. преп. кафедры «Э 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.

# ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СФЕРА РОССИИ

*А.А. Селезнёв*

ФГБОУ ВО Национальный Исследовательский Университет «МЭИ»

В данной статье обозначаются важнейшие аспекты современной политики России в энергетической сфере. Среди принципиальных вызовов, с которыми столкнулась наша страна в этой области: многовекторные санкции со стороны западных стран, прямо влияющие на энергетическую сферу, ухудшающаяся конъюнктура на рынке энергоносителей, в целом серьёзное осложнение геополитической обстановки. В статье указаны некоторые меры, принятые Россией, для укрепления развития энергетики в нашей стране, приводятся также предполагаемые дополнительные шаги, которые, вероятно будут целесообразны для проведения эффективного внешнеполитического курса России на данном направлении.

**Ключевые слова:** энергетическая сфера, топливно-энергетические ресурсы, энергетический сектор, партнёрство, санкции.

Политика в сфере энергетики для многих государств мира сегодня приобретает всё большее и новое значение. Учитывая особую роль России в сфере производства и экспорта энергоносителей, представляется необходимым проанализировать основные вызовы, возникающие сегодня в этом секторе хозяйства, указать основные причины проблем и сопутствующие им обстоятельства, кратко наметить возможные пути их решения в ближайшей перспективе.

Российская Федерация в силу своего географического положения обладает колоссальными запасами энергетических ресурсов и является одной из ведущих стран по показателям экспорта энергоносителей. При этом Россия сотрудничает с различными государствами как в энергетической, так и в политической сферах. Это было продемонстрировано в ходе реализации большого количества международных энергетических проектов, таких как «Северный поток», «Сила Сибири», «Турецкий поток» и участие в международных энергетических форумах.

Однако, учитывая изменившуюся за последние два года политическую обстановку, сегодня особую важность и новое содержание может приобрести многовекторное сотрудничество России с партнерами по СНГ (в том числе со странами средней Азии, такими, например, как Таджикистан). Традиционно для большинства стран этого региона Россия является ключевым поставщиком энергоресурсов, однако в последние годы открываются новые перспективы разработки новых нефтегазовых месторождений, непосредственно в некоторых государствах региона при содействии России. Также Россия участвует в крупнейших проектах по развитию энергетической инфраструктуры в странах-партнерах, например, Сангтудинской ГЭС-1 в Таджикистане [1].

Особое влияние энергетического фактора на сегодняшние политические процессы выражается в том, что рынок энергетического сырья становится все более глобальным, в нем участвует все больше игроков, что увеличивает конкуренцию между экспортирующими странами и позволяет большему числу государств импортировать необходимые им ресурсы.

Ситуация на современном рынке энергоносителей характеризуется несколькими особенностями. Во-первых, техническое развитие оборудования позволяет находить все новые месторождения энергетического сырья по всему миру, так страны становятся новыми участниками международных энергетических отношений. Однако, это ведет к обострению борьбы за топливно-энергетические ресурсы между государствами, стремлению к самостоятельной разработке месторождений, добыче и сбыте ресурсов. Во-вторых, Россия, как крупнейший экспортер нефти, газа и других топливно-энергетических ресурсов, заинтересована в торговых отношениях с крупными западными государствами, странами Ближнего и Дальнего Востока, поскольку это влечет за собой появление новых рабочих мест, получение финансовых доходов и улучшение взаимоотношений со странами-партнерами.

В-третьих, в условиях нарастания внешнеполитических противоречий и конфликтов, антироссийских настроений со стороны ряда западных государств для России крайне важно сохранять точки взаимодействия со странами Западной и Восточной Европы, но вместе с тем, диверсифицировать направления сотрудничества в политической и экономической сфере с дружественными государствами в любых других регионах мира. Учитывая очевидную взаимосвязь политических событий последних лет и экономического взаимодействия России с другими государствами, особую роль приобретают поставки энергоресурсов. В этой связи, сегодня еще более актуальным становятся укрепление взаимовыгодных политического и экономического партнерства России со странами СНГ.

Энергетическая и экономическая интеграция способствуют развитию науки и техники, сближению государств во всех сферах межгосударственных отношений. Для многих государств Россия уже давно является надежным поставщиком топливно-энергетических ресурсов, с другими же взаимодействия в данной сфере только начинаются, но в обоих случаях международное энергетическое сотрудничество России призвано обеспечить доход для государства и обеспечить базу внешнеполитических отношений.

Актуальность проблем в сфере энергетической политики обусловлена рядом обстоятельств. Традиционно Россия является одним из крупнейших производителей и экспортёров энергоресурсов в мире, в связи с чем, вопросы энергетической безопасности являются ключевыми не только для экономики, но и для внешней политики нашей страны. Также энергетический фактор закономерно играет всё большую роль и в глобальных геополитических процессах. Проблематика энергетической политики России на современном этапе включает в себя целый ряд аспектов.

Во-первых, одним из важнейших из них является то обстоятельство, что федеральный бюджет продолжает значительно зависеть от экспорта

энергоносителей, а значит на экономику государства могут оказывать серьёзное влияние изменения на мировых рынках энергоносителей, что потенциально делает уязвимой экономику России.

Во-вторых, в связи с вооруженным конфликтом в Украине, Россия подверглась серьёзным политическим и экономическим санкциям, в частности, в области энергетики. Очевидно, что эти действия привели к существенному ограничению доступа России к технологиям в сфере энергетики и сокращению инвестиций в энергетический сектор. Учитывая, что Россия очевидно нуждается в модернизации энергетической инфраструктуры, потребуются значительные технологические изменения [2].

В-третьих, негативное влияние на энергетический сектор оказывает снижение спроса на нефть и газ мировых рынках в связи с увеличением использования альтернативных источников энергии.

В-четвёртых, обостряется конкуренция в данной сфере со многими государствами, на фоне эскалации геополитической напряженности [3]. Со своей стороны, Россия в последние несколько лет предпринимала ряд мер по развитию энергетической политики: обеспечение энергетической безопасности, диверсификация экспорта энергоресурсов, продвижение российских экспортных продуктов на мировых рынках, расширение международного сотрудничества в энергетической сфере. Соответствующие положения закреплены в Концепции внешней политики РФ [4] и Доктрине энергетической безопасности России [5].

В сложившейся внешнеполитической ситуации необходимо учитывать, что в ближайшее время, политическое и экономическое давление на Россию будет продолжаться. Таким образом, вышеуказанные негативные последствия вероятно будут негативно сказываться и на топливно-энергетическом секторе экономики России. Представляется, что сегодня целесообразно предусмотреть и реализовать приоритетные направления противодействия санкциям, с другой стороны, скорректировать и пересмотреть некоторые подходы по взаимодействию с различными государствами мира. Это касается в том числе «недружественных стран», перечень которых уже составлен и внесен в правительственное постановление [6]. Однако, этот документ не даёт полного представления о критериях «дружественности» государств. Также при определении «дружественности-недружественности» представляется необходимым учитывать различные актуальные факторы не только политического и экономического характера, но и провести глубокий анализ потенциальных рисков, исходящих от ряда стран, в том числе, в области энергетической безопасности. При выстраивании политики в отношении ряда стран, необходимо изучить их позицию по поводу присоединения(неприсоединения) к санкциям против России и республики Беларусь.

Для успешного ответа на вышеуказанные вызовы необходимо разработать и реализовывать эффективные стратегии и механизмы, которые обеспечат стабильное и безопасное развитие в российской энергетической области. Гибкость и вариативность внешней политики будут способствовать

преодолению негативных эффектов, связанных с международным давлением, оказываемым на Россию. Более того, в некоторых случаях возможно использование «контрсанкций» экономического характера против недружественных стран. Также положительный эффект могут принести такие решения как: пополнение Фонда национального благосостояния за счет сверхдоходов бюджета, диверсификация сырьевого экспорта, корректировка налоговой политики в этой отрасли. В условиях сложной внешнеполитической обстановки эти меры выполняют задачу снижения зависимости экономики России от сырьевого экспорта, а также будут способствовать поступательному стабильному развитию как экономики России в целом, так и в энергетической сфере, в частности.

### **Литература**

1. Аршинов Ю.Е., Лапенко М.В., Рекеда С.В. Россия -Таджикистан: основные сферы сотрудничества (к 25-летию установления дипломатических отношений). Евразийский юридический журнал. - 2017 г. - №2 (105) - С. 170-182
2. Татульская Л.А. Энергетический фактор во внешней политике России: состояние, проблемы и перспективы // Молодой ученый. – 2023.- №20 (467).- С. 687-691
3. Лапин А.В. «Энергетические войны» и геополитика XX и XXI века //Проблемы рыночной экономики. – 2020.-№2- С.32-47
4. Указ Президента РФ от 31.03.2023 №229 «Об утверждении Концепции внешней политики Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ.-2023.-№14.-С.2406
5. Указ Президента РФ от 13.05.2019 г. № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ.- 2019.-№20.- С.2421
6. Распоряжение Правительства РФ от 05.03.2002 №430-р «Об утверждении перечня иностранных государств и территорий, совершающих недружественные действия в отношении Российской Федерации, российских юридических и физических лиц» // Собрание законодательства РФ.-2022.-№11.-С.17-48

#### **Автор:**

Инженер гуманитарно-прикладного института **Селезнёв А.А.**  
Национальный Исследовательский Университет «МЭИ»  
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14  
E-mail: SeleznevAIA@mpei.ru

# ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТРЁХПРОВОДНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6-20 кВ

*Р.О. Хвостовец*

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

*О.А. Хвостовец*

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

В работе представлено исследование параметров воздушных линий электропередачи 6-20 кВ. Выявлено и подтверждено расчетным путем, что данные параметры для линий с симметричной нагрузкой существенно ниже. Установлено, что уровень абсолютных и относительных потерь электроэнергии определяется, в основном, такими техническими характеристиками, как коэффициент несимметрии нагрузки и сечение проводов воздушных линий.

**Ключевые слова:** воздушная линия, сечение проводов, потери активной электроэнергии, схема замещения, несимметричная нагрузка электропотребителей.

К распределительным сетям напрямую подключено потребляющее ток оборудование и трансформаторные подстанции. Как правило, это электрические сети с номинальным напряжением до 20 кВ; однако к ним часто относят и электрические сети более высоких классов номинального напряжения.

Потери электрической энергии являются неотъемлемой характеристикой потерь мощности, которые в любой момент времени полностью определяются модулями тока и активными сопротивлениями фазных проводов.

Рассмотрим участок трехфазной воздушной линии электропередачи напряжением  $U_n$  длиной 1 км, выполненный из провода марки АС, с удельным сопротивлением  $r_0$ , Ом/км и подключенной однофазной нагрузкой мощностью  $P_{ab}$ ,  $P_{bc}$ ,  $P_{ac}$  (рис. 1).

Таким образом, эта воздушная линия электропередачи загружена по фазам асимметрично. Определяются фазные токи  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$

$$I_a = I_{ab} - I_{ac}; \quad (1)$$

$$I_b = I_{bc} - I_{ab}; \quad (2)$$

$$I_c = I_{ac} - I_{bc}, \quad (3)$$

где определяются модули линейных токов

$$I_{ab} = P_{ab} / U_n; \quad (4)$$

$$I_{ac} = P_{ac} / U_n; \quad (5)$$

$$I_{bc} = P_{bc} / U_n. \quad (6)$$

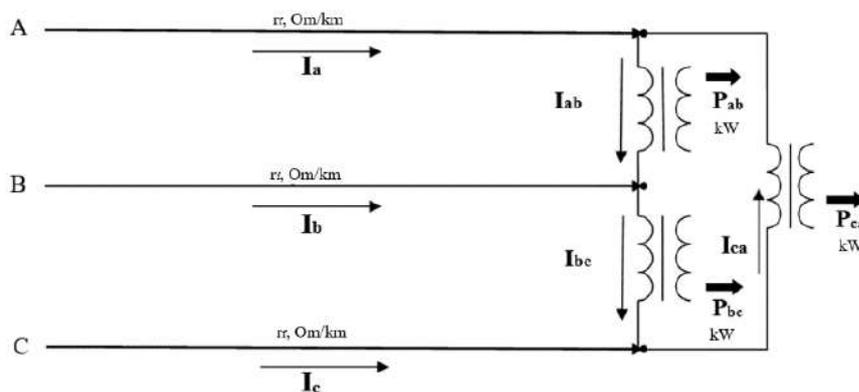


Рисунок 1. Участок воздушной линии электропередачи напряжением 10 кВ с подключенной несимметричной нагрузкой

Векторная диаграмма этой несимметричной 3-фазной цепи имеет следующий вид - Рис. 2:

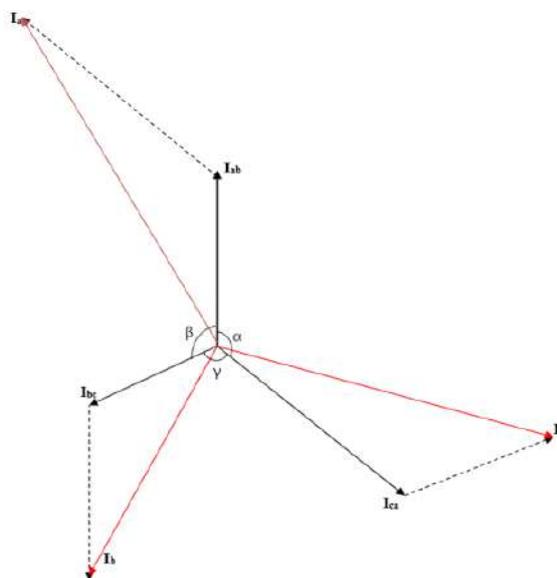


Рисунок 2. Векторная диаграмма несимметрично нагруженной воздушной линии электропередачи

Тогда модули фазных токов  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$  могут быть определены по закону косинусов

$$|I_a| = \sqrt{I_{ab}^2 + I_{ac}^2 - 2 \cdot I_{ab} \cdot I_{ac} \cdot \cos(\alpha)} ; \quad (7)$$

$$|I_b| = \sqrt{I_{ab}^2 + I_{bc}^2 - 2 \cdot I_{ab} \cdot I_{bc} \cdot \cos(\beta)} ; \quad (8)$$

$$|I_c| = \sqrt{I_{bc}^2 + I_{ac}^2 - 2 \cdot I_{bc} \cdot I_{ac} \cdot \cos(\gamma)} , \quad (9)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - углы между векторами фазного тока.

Определяется общая активная мощность  $P_\Sigma$  и электрическая энергия  $W$ , потребляемая подключенной однофазной нагрузкой в момент использования максимальной нагрузки  $T_{nb}$

$$P_\Sigma = P_{ab} + P_{bc} + P_{ac} ; \quad (10)$$

$$W = P_\Sigma \cdot T_{nb} . \quad (11)$$

Общие абсолютные годовые потери электрической энергии в линии электропередачи  $\Delta W_{as}$  были определены выражением

$$\Delta W_{as} = (I_a^2 \cdot r_f + I_b^2 \cdot r_f + I_c^2 \cdot r_f) \cdot L \cdot \tau, \quad (12)$$

тогда относительные потери электрической энергии в данной (асимметрично нагруженной) воздушной линии электропередачи  $\Delta W_{as}/W_{year}$  равняются:

$$\frac{\Delta W_{as}}{W} = \frac{(I_a^2 \cdot r_f + I_b^2 \cdot r_f + I_c^2 \cdot r_f) \cdot L \cdot \tau}{1000 \cdot P_{\Sigma} \cdot T_{nb}}, \quad (13)$$

### Заключение

Асимметрия токовых нагрузок по фазам приводит к дополнительным потерям мощности и электрической энергии в воздушных линиях электропередачи и кабельных линиях электропередачи, снижению надежности электроснабжения потребителей и показателей качества электроэнергии. Это также наносит дополнительный экономический ущерб и приводит к удорожанию продукции.

Относительные потери электрической энергии из-за асимметрии токовой нагрузки в трехфазных воздушных линиях электропередачи и кабельных линиях электропередачи линейно зависят от коэффициента асимметрии.

### Литература

1. Грачева Е.И., Наумов О.В. Уточнение величины эквивалентного сопротивления цеховых сетей // Надежность и безопасность энергетики. 2015. №3. С. 34–36.
2. Грачева Е.И., Сафин А.Р., Шагидуллин А.В., Хаерова А.Н. Моделирование законов изменения функциональных параметров низковольтных аппаратов // Надежность и безопасность энергетики. 2014. №3. С. 66–69.
3. Грачева Е.И., Алимова А.Н., Абдуллазянов Р.Э. Анализы и способы расчета потерь активной мощности и электроэнергии в низковольтных цеховых сетях. // Вестник КГЭУ. 2018, №4 (40). С.53-65.
4. Смагин К.А., Галстян Р.А., Антонов М.А., Арнаутов А.В. Анализ влияния несимметрии на потери в сети 0,4 кВ // Молодой исследователь Дона. 2019. №4. 8 с.
5. Tan Z.Z., Zhen T. Electrical properties of an arbitrary  $m \times n$  rectangular network // Acta Phys Sin, 69 (2) (2020), Article 020502.
6. Allaev K.R., Mirzabaev A.M., Shaismatov S.E., Kholiddinov I. Kh., Makhmudov T.F., Musinova G.F., Kholiddinova M.M. Providing of power quality. /T.: Publishing house “Fan vatexnologiya”, 2019.160 p.

7. Liu T., Yu H., Yin H., Zhang Z., Sui Z., Zhu D., Gao L., Li Z. Research and Application of Digital Twin Technology in Power Grid Development Business//6th Asia Conference on Power and Electrical Engineering(ACPEE),2021.P.383-387, doi: 10. 1109 /ACPEE51499. 2021. 9436946.

**Авторы:**

Магистр, **Хвостовец Р.О.**

ФГБОУ «КГЭУ»

420066, г. Казань ул. Красносельская, 51

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

Магистр, **Хвостовец О.А.**

ФГБОУ «КГЭУ»

420066, г. Казань ул. Красносельская, 51

E-mail: [olga2014852@gmail.ru](mailto:olga2014852@gmail.ru)

# АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МИНИ-ГЭС

*А.М. Давлатов, Б.И. Косимов, Н.С. Шарбатов*  
Институт энергетика Таджикистан

В статье представлен краткий анализ существующих конструкции генераторов, применяемых на малых ГЭС. В результате анализа проблем отмечены элементы усложняющие эксплуатацию существующих генераторов не позволяющие их использовать для автоматизированной мини-ГЭС. В качестве базового варианта предлагается использовать синхронный генератора с возбуждением от постоянных магнитов с радиальной магнитной системой.

**Ключевые слова:** микро и мини-ГЭС, электрические машины, вентильно-индукторный генератор, синхронный генератор, постоянный магнит, многофазная обмотка.

## Введение

Электрическая машина может работать как в двигательном режиме, так и в генераторном режиме. Представляет интерес выбор типа электрической машины с точки зрения надежности для работы в качестве генератора автоматической мини-ГЭС.

Все классы электрических машин, имеющих контактный токоподвод к вращающимся частям, исключим из рассмотрения по причине низкой надежности работы и необходимости обслуживания скользящей контактной пары.

Асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором используются в качестве источников энергии для мини-ГЭС [1-5]. Сам генератор работает достаточно надежно, но при этом следует отметить, что асинхронная машина не имеет внутри себя источника для возбуждения магнитного поля (обмотки возбуждения, постоянных магнитов). Свое возбуждение он обеспечивает за счет реактивной энергии через якорную обмотку из внешней цепи, являясь для сети индуктивной нагрузкой. При наличии большого количества таких генераторов в сети в ней возникает дефицит реактивной мощности. Коэффициент мощности сети резко понижается. Кроме этого, по условиям эксплуатации мини-ГЭС может работать полностью в автономном режиме. В этом случае наличие реактивной мощности в виде конденсаторной батареи необходимо для функционирования генератора. Габариты, стоимость и надежность работы конденсаторной батареи существенным образом зависят от мощности мини-ГЭС. Для малых мощностей это решение может быть приемлемым, но практика показывает, что для средних и больших мощностей использование асинхронных генераторов нецелесообразно по причине высокой цены и низкой надежности. Кроме этого для данного типа генераторов уменьшается рабочий диапазон частот вращения турбины и усложняется система преобразования напряжения в стандартное по амплитуде. Для разработки типового мощностного ряда мини-ГЭС, которые

отличались бы только габаритами, применение асинхронного генератора нецелесообразно.

Вентильно-индукторные генераторы применительно к мини-ГЭС могут быть привлекательны с точки зрения простоты ротора и отсутствия скользящего контактора [6]. Принцип работы его основан на изменении проводимости магнитной цепи при повороте ротора. Но этому классу электрических машин присущи те же недостатки, что и для асинхронного генератора. Свое возбуждение генератор обеспечивает через якорную цепь. Кроме этого, энергоэффективность вентильно-индукторного генератора еще ниже, если сравнивать ее с асинхронным генератором, так как в данный момент времени к сети подключается только одна обмотка, при этом остальные обмотки отключены и ожидают своего такта включения в зависимости от положения ротора. Это резко снижает коэффициент использования меди, КПД и увеличивает потери. Практика показывает, что система управления вентильной машиной достаточно сложна. Она требует наличие датчика положения ротора, его сложной настройки и калибровки для определения оптимального переключения фаз. Само наличие датчика существенно снижает надежность генератора, несмотря на отсутствие контактного токоподвода для якорной цепи. По выше названным причинам вентильно-индукторную машину следует исключить из дальнейшего рассмотрения. Практика применения мини-ГЭС подтверждает этот вывод.

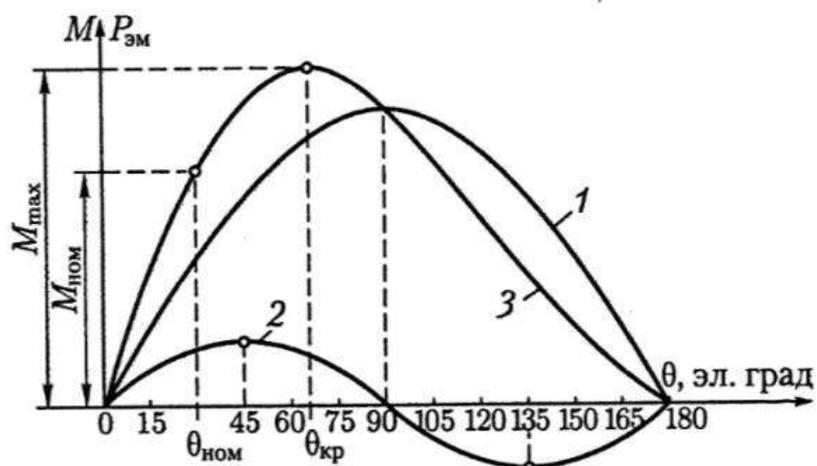
В качестве бесконтактной электрической машины применительно к мини-ГЭС следует рассмотреть синхронный реактивный генератор. По принципу работы он близок к вентильно-индукторной машине. Генератор имеет простую конструкцию явно выраженного ротора. Контактный токоподвод к силовой цепи отсутствует. Для своей работы он не требует дополнительных датчиков. В системе мини-ГЭС он работает на выпрямительный мост.

Оценим энергетические характеристики этого варианта.

Как известно, для синхронной машины с явно выраженными полюсами электромагнитная мощность определяется следующей зависимостью:

$$P = \frac{mUE}{x_d} \sin \theta + \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta.$$

Графическая зависимость электромагнитной мощности от угла нагрузки представлена на рис. 1.



$$P = f(\Theta) \text{ при } E = \text{const}, U = \text{const}$$

Рисунок 1. Электромагнитная мощность синхронной машины  
 (1 – составляющая мощности, обусловленная обмоткой возбуждения,  
 2 – составляющая мощности, обусловленная разностью проводимости по  
 продольной и поперечной осям, 3 – результирующая мощность)

Из рис.1. наглядно видно, что составляющая электромагнитной мощности, обусловленная разностью проводимости по продольной и поперечной осям ротора (второй член в уравнении 2), примерно в 4-5 раз меньше мощности, которую генерирует обмотка возбуждения. Электрическую машину с такой низкой энергетической эффективностью вряд ли стоит рекомендовать для построения ряда перспективных автоматических мини-ГЭС.

Гораздо большую эффективность с точки зрения преобразования энергии имеет класс машин асинхронизированные синхронные генераторы (машины двойного питания) [7-8]. Конструктивно они представляют собой асинхронные машины с фазным ротором, в которых статорная обмотка и роторная обмотка подключены к своим источникам питания. В классическом варианте для работы машине двойного питания необходим контактный токоподвод к роторной обмотке, но современное развитие этого класса машин позволяет сделать бесконтактный токоподвод. Для этого применяют дополнительные устройства в виде отдельной электрической машины (возбудителя) или вращающегося трансформатора. Преимущество такого класса электрических машин заключается в возможности преобразования напряжения непосредственно в самой электрической машине за счет встраивания во вращающуюся часть управляемого частотного преобразователя. Это преимущество оказывается весьма существенным для генераторов большой мощности от 1.0 МВт до 10 МВт. Предварительный качественный и количественный анализ показал, что для автоматических мини-ГЭС этот класс электрических машин является весьма рискованным с технической точки зрения, так как энергокомплекс является достаточно сложным, и не приемлем с экономической точки зрения, поскольку для малых и средних мощностей является дорогим применение двух встроенных

электрических машин и системы управления ими. Очевидным является снижение надежности за счет этого усложнения, кроме этого в машинах двойного питания достаточно сложно применить многофазные системы.

В последнее время появился перспективный класс вентильных машин комбинированного возбуждения [9]. Это бесконтактные электрические машины, в которых индуктор содержит два источника электрического поля. Это бесконтактная обмотка возбуждения и постоянные магниты. При этом мощные высококоэрцитивные постоянные магниты обеспечивают хорошие массоэнергетические показатели и малые габариты, а обмотка возбуждения позволяет регулировать выходное напряжение генератора по слаботочной цепи возбуждения. Существуют научные проработки использования этих электрических машин в качестве приводов для электро- и гибридного транспорта, в ветроэнергетических установках [10], а также в гидрогенераторах для мини-ГЭС. Следует отметить, что этот класс электрических машин интенсивно развивается, но в теоретическом плане недостаточно проработан. В полной мере не отработана конструкция, недостаточно изучена система регулирования и стабилизация выходного напряжения, не изучены варианты применения многофазной обмотки. Самым главным препятствием ориентации на этот класс электрических машин является отсутствие их серийного производства.

Вентильные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов являются хорошо отработанным в производстве классом электрических машин, который развивается уже около 70 лет. Они имеют бесконтактный токоподвод [11]. Применение высококоэрцитивных постоянных магнитов позволяет минимизировать объем и массу и получить высокие удельные энергетические показатели. Отсутствие потерь на возбуждение делает КПД максимально возможным. Применение специальных конструкторских решений позволяет изготовить его в водопогружном варианте. Современная силовая электроника дает возможность стабилизировать выходные параметры при изменении частоты вращения по якорной цепи, коммутируя большие токи. Конструктивно синхронный генератор с постоянными магнитами состоит из двух основных частей: статора и ротора. Важно отметить, что существует много видов конструкций. Рассмотрим наиболее применимую конструкцию. Это синхронный генератор с радиальной магнитной системой. При этом для рассмотрения примем нормальную конструкцию, когда статор расположен снаружи, а ротор с постоянными магнитами находится внутри (см. рис. 2).

Данный класс электрических машин работает достаточно надежно. Практика их эксплуатации показывает, что повреждение ротора, выход из строя подшипников, размагничивание постоянных магнитов от действия реакции якоря являются маловероятными. Основным источником неисправности является якорная обмотка, которая из-за старения изоляции или превышения допустимого предела по перегреву может выйти из строя.

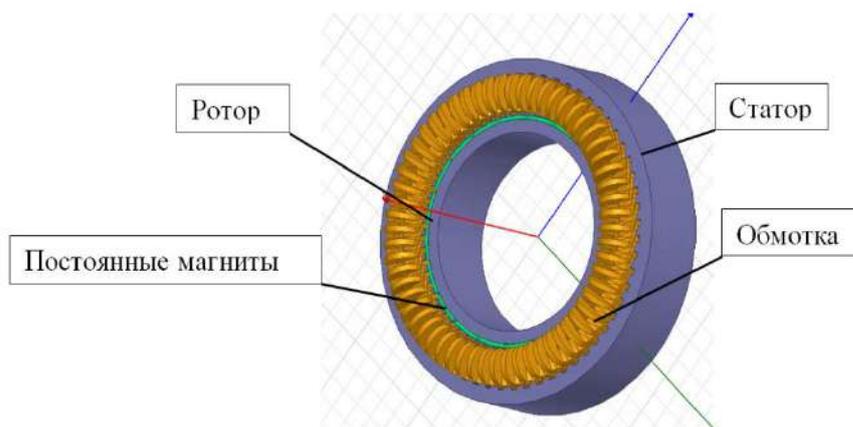


Рисунок 2. Статор и ротор синхронного генератора с радиальной магнитной системой нормального исполнения

Короткое замыкание и обрыв обмотки якоря является одной из возможных причин неисправностей синхронного генератора.

Анализ всех вариантов неисправностей на реальном образце представляет собой достаточно трудоемкую задачу. Современное компьютерное моделирование позволяет создать цифровой близнец реального образца и на нем провести все необходимые исследования. Для исследования надежности работы этого типа генератора воспользуемся этой возможностью и разработаем такой цифровой прототип.

Перечисленные преимущества позволяют выбрать вариант вентильной синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов в качестве базового для разработки мини-ГЭС.

### Заключение

1. Одним из наиболее целесообразных путей повышения надёжности, автоматизированной мини-ГЭС, является реализация их на основе конструктивно простых генераторов, в виде синхронной бесконтактной машины с радиальными магнитными полюсами комбинированного возбуждения.

2. Требуемое качество энергии в этом случае обеспечивается с помощью полупроводникового преобразователя энергии.

### Литература

1. Проектирование электрических машин. Под ред. и.п. Копылова. - М.: Энергия, 1980.- 496 с.
2. Официальный сайт Министерство энергетики и промышленности Республики Таджикистан [Сайт]. – URL: <http://www.minenergoprom.tj>.
3. Положение дел по использованию возобновляемых источников энергии в Центральной Азии. Перспективы их использования и потребности в подготовке кадров. Обзор / Н. Друзь, Н. Борисова А. Асанкулова и др. – ЮНЕСКО; Алматы, 2010. –144 с.
4. Приступ, А. Г. Частотно-регулируемый торцевой асинхронный электродвигатель: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.01/А. Г. Приступ. - Новосибирск, 1990. - 16 с.
5. Программный комплекс моделирования электромагнитных процессов / А. Л. Федянин, С. В. Леонов, А. Г. Каранкевич, О. П. Муравлев // Оптимизация режимов работы электромеханических систем: межвуз. сб. науч. трудов / Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. - С.127-132.
6. Вольдек А. И. Электрические машины. -М.: Энергия, 1974.-832 с

7. Ганджа, С. А. Асинхронизированный синхронный генератор с системой управления для ветроэнергетической установки 10 кВт АСГ1220-10000-380/ С.А. Ганджа, Е.С. Мастюкина // Инновационный потенциал. Челябинская область: кат. / М-во экон. развития Челяб. обл.- 2008. - С.30.
8. Давлатов А.М., Воронин С.Г., Султлов О.О., Косимов Б.И., Гулов Д.Ю. Автоматизированная мини-ГЭС как основа системы электроснабжения горных районов Таджикистана. Вестник ЮУрГУ серия энергетик том №3.2019DOI: 10.14529/power190311.
9. Давлатов А.М., Воронин С.Г., Клиначев Н.В., Пауков Д.В. Сравнительная оценка схем соединения обмоток синхронных генераторов в составе источников постоянного тока. Вестник ЮУрГУ серия энергетик том №3.2020. DOI: 10.14529/power200311.
10. Давлатов А.М., Гулов Д.Ю., Горт М.В. Эффективность электроснабжения горных районов Таджикистана. Международный научно-исследовательский журнал ▪ № 1 (103) ▪ Часть 1 ▪ Январь.
11. Davlatov A., S. Voronin, B. Kosimov, Comparative Evaluation of Connection Schemes of Synchronous Generator Windings as Part of Dc Sources. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russia, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9112072.

#### **Авторы:**

к.т.н., ст. преп., **Давлатов Азам Махмадиевич**

Институт энергетики Таджикистана

735162, р. Кушониён, ул. Истиклол.

Тел: +992 009096851

к.т.н., ст. преп., **Косимов Бахтиёр Исмагуллоевич**

Институт энергетики Таджикистана

735140, г. Бохтар, ул. Б. Гафуров 27

Тел: +992 000604050

ст. преп., **Шарбатов Навруз Сайвалиевич**

Институт энергетики Таджикистана

735140, р. Вахш

Тел: +992 938489392

# ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*В.И. Самохин, Д.В. Самохин, М.М. Камолов*  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

В работе рассмотрены проблемы энергосбережения на промышленных предприятиях в условиях растущего дефицита энергоресурсов. Выявлены основные факторы, влияющие на потери электроэнергии в электроэнергетических сетях, к которым относятся наличие реактивной мощности, гармонических искажений, перекоса фазных (линейных) напряжений, пусковых токов, провалов напряжений и др. Проведен анализ существующих способов решения указанных выше проблем. Показано, что использование существующих компенсаторов реактивной мощности не является достаточно эффективным из-за большого шага регулирования и возможности подстройки только по одной фазе. Существующие фильтры гармоник, как правило, защищают от гармоник компенсационные установки и не снижают их уровень в сети. Для компенсации перекоса напряжений, в основном, используются стабилизаторы напряжений или симметрирующие трансформаторы, которые имеют те же массогабаритные характеристики, что и силовые питающие трансформаторы, нарушают конфигурацию сети и снижают надежность энергоснабжения потребителей электроэнергии. Предложен адаптивный комплекс энергосбережения как единое функциональное решение, позволяющий решать задачи компенсации реактивной мощности, фильтрации высших гармоник, компенсации перекосов напряжений и др.

**Ключевые слова:** энергосбережения, компенсация, несимметрия, реактивная мощность, электроэнергия, гармоника.

## Введение

Экономия электрической энергии является на сегодняшний день одним из самых ключевых факторов экономики. Этому, в частности, посвящен Федеральный закон 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

Добиться сбережения электроэнергии возможно лишь за счет повышения качества электроэнергии, основными из которых являются компенсация реактивной мощности, снижение несимметрии питающих токов и напряжений, фильтрация высших гармоник, ограничение пусковых токов, компенсация кратковременных падений напряжений, сглаживание переходных процессов.

### Компенсация реактивной мощности

Все потребители электроэнергии на предприятии, а также средства преобразования электроэнергии (асинхронные двигатели, трансформаторы, различные типы преобразователей), чей режим сопровождается постоянным возникновением электромагнитных полей нагружают сеть как активной, так и

реактивной составляющими полной потребляемой мощности [1, 2]. Эта реактивная составляющая мощности (далее реактивная мощность) необходима для работы оборудования, содержащего значительные индуктивности и в то же время является дополнительной нагрузкой на сеть.

Для компенсации реактивной мощности, применяются специальные компенсирующие устройства, являющиеся источниками реактивной энергии преимущественно ёмкостного характера. Принцип компенсации поясняется рис. 1.

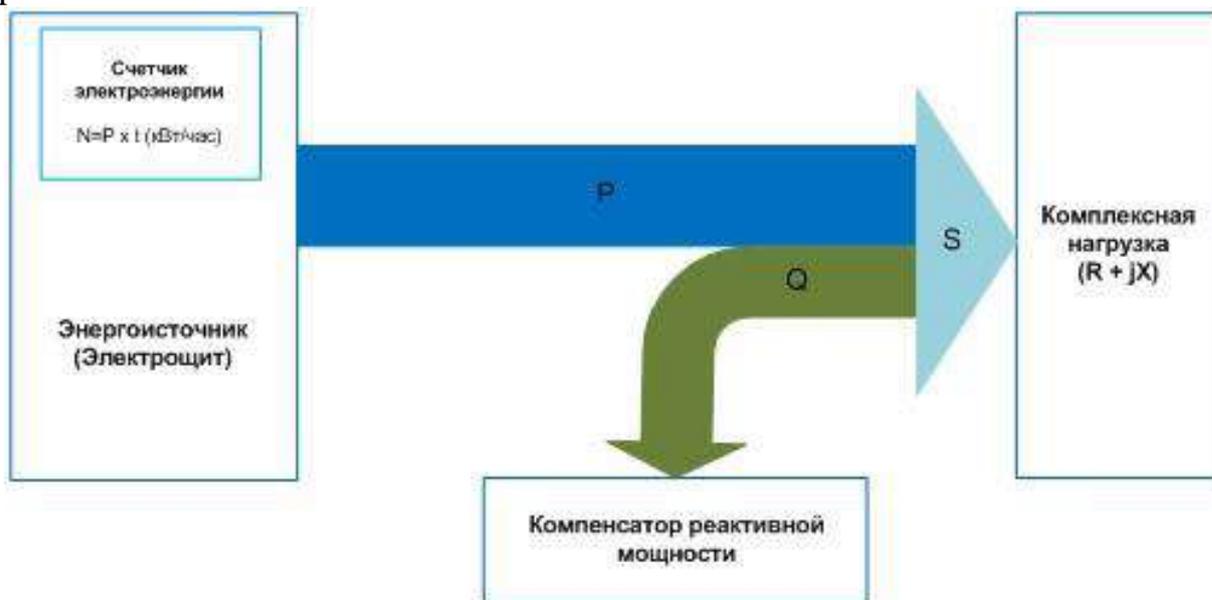


Рис. 1. Принцип компенсации реактивной мощности

Реактивная мощность, обусловленная индуктивным или емкостным характером нагрузки, компенсируется в непосредственной близости от нагрузки  $Q$  (см. рис. 1), чем исключается ее негативное влияние на энергоснабжение предприятия.

Для компенсации реактивной мощности на предприятии при индуктивном характере нагрузки энергопотребителей применяются: синхронные компенсаторы, электродвигатели и конденсаторные установки.

В настоящее время для компенсации реактивной мощности на предприятиях широкое использование получили конденсаторные установки, достоинством которых является:

- малые удельные потери активной мощности (собственные потери современных низковольтных косинусных конденсаторов не превышают 0,5 Вт на 1000 Вар, при этом в синхронных компенсаторах это значение достигает 10% номинальной мощности компенсатора, а в синхронных двигателях, работающих в режиме перевозбуждения - до 7%);
- простой монтаж и эксплуатация (не нужно фундамента);
- относительно невысокие капиталовложения;
- возможность подбора любой необходимой мощности компенсации;
- возможность установки и подключения в любой точке электросети;

- отсутствие вращающихся частей и, как следствие, - шума во время работы;

- небольшие эксплуатационные затраты.

Однако существующие конденсаторные установки практически не решают задачи уменьшения перекаса фаз. Функция подавления гармоник при использовании конденсаторных установок, может быть обеспечена только отдельно приобретаемым фильтром гармоник, настроенным на высшие гармоники (как правило, 3-ей, 5-ой, 7-ой, 11-ой, 13-ой).

### **Симметрирование фаз**

Перекас фаз — это несимметрия токов и напряжений, явление, при котором амплитуды фазных напряжений и токов не равны между собой и сдвинуты друг относительно друга по фазе, отличной от 120 градусов. Перекас фаз возникает, как правило, в результате ошибочного распределения нагрузки в фазах внутренних 3-х фазных сетей, относительно высокого сопротивления нулевого провода (в худшем случае при его обрыве) или того и другого вместе. Наиболее часто явление перекаса фаз наблюдается на крупных предприятиях, оснащённых однофазными электросварочными устройствами, индукционными, плавильными печами и иными нагревательными установками с высокой потребительской мощностью. Кроме того, причиной перекаса фаз электроустановок может быть обрыв одной из фаз, приводящий к сильным увеличениям токов в остальных фазах, выход из строя автоматического выключателя, когда происходит короткое замыкание фазы с нулевым проводом и т.д.

Как уже говорилось выше, перекас фаз может возникать в различных ситуациях:

1. Нулевой провод исправен, нагрузки по фазам различны (вплоть до перегрузок).

В этом случае падения напряжения в обмотках питающего трансформатора будут различными, что приведет к изменению не только фазных, но и линейных напряжений.

На рисунке 2 представлена векторная диаграмма напряжений на выходе 3-х фазного трансформатора на холостом ходу (векторы  $OA$ ,  $OB$ ,  $OC$  – фазные напряжения; векторы  $AB$ ,  $BC$ ,  $CA$  – линейные напряжения).

трансформатора

При подключении нагрузки фазные напряжения на выходе трансформатора уменьшатся на разную величину из-за разных нагрузок, с учетом падений напряжений в обмотках трансформатора (векторы  $OA'$ ,  $OB'$ ,  $OC'$  - фазные напряжения; векторы  $A'B'$ ,  $B'C'$ ,  $C'A'$  - линейные напряжения). Как видно из рисунка, изменились не только фазные, но и линейные напряжения.

2. Падения напряжений в обмотках трансформатора пренебрежимо малы, но «неисправен» нулевой провод.

Взаиморасположение фазных и линейных напряжений можно изобразить в виде равностороннего треугольника (рис. 3) с

вершинами «А», «В», «С» и центром в точке «0». Векторы АВ, ВС и СА (лежащие на сторонах треугольника) — это линейные напряжения (380В).

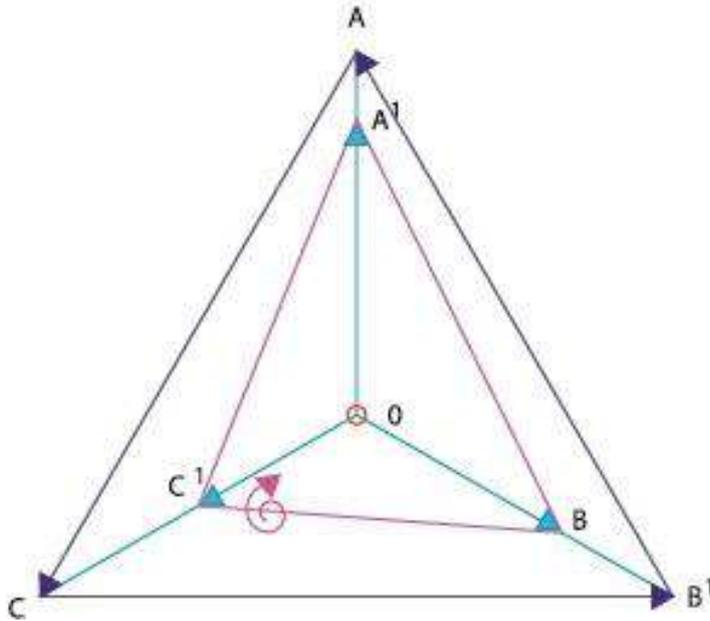


Рис. 2. Векторная диаграмма напряжений при неравномерной загрузке фаз

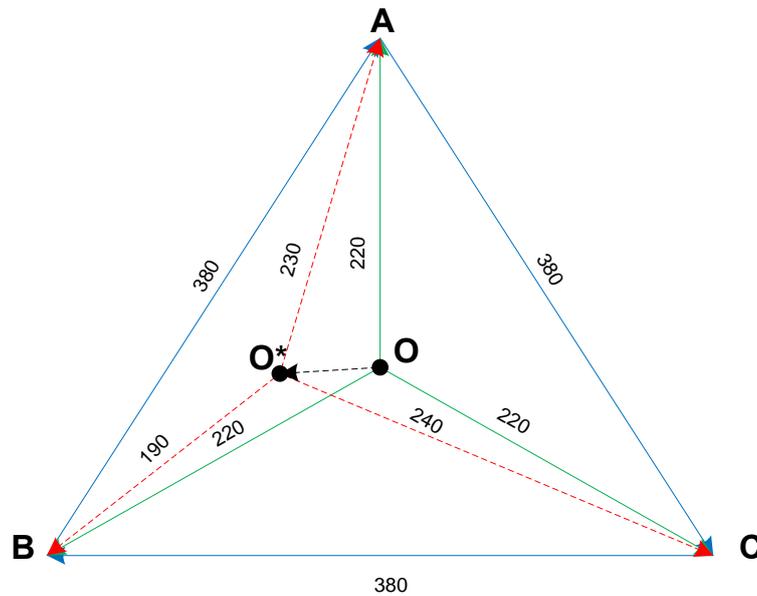


Рис. 3. Векторная диаграмма напряжений при смещении нейтрали

Векторы (сплошные линии), проведенные из центра треугольника к его вершинам -  $OA$ ,  $OB$  и  $OC$  — это фазные напряжения. При симметричной нагрузке они равны между собой  $OA=OB=OC$  и сдвинуты друг относительно друга на угол  $120^\circ$ . В данном случае перекося фазных напряжений отсутствует.

Одной из причин, вызывающей возникновение перекося фаз, является «плохой нуль», когда сопротивление между нулевой точкой трансформатора и нулевой точкой нагрузки недопустимо велико или, еще хуже, когда происходит «обрыв» нулевого провода. В таких случаях, из-за того, что к сети подключают множество потребителей, в том числе однофазных, то в каждый

случайный момент времени можно ожидать, что напряжения в различных фазах отличаются друг от друга (рис. 3).

### Фильтрация высших гармоник

Решение задачи повышения производительности труда на современных промышленных предприятиях, а также интенсификация и усложнение технологических процессов привело к тому, что все большую долю в общем объеме суммарных нагрузок наряду с асинхронными двигателями занимают резкопеременные и нелинейные нагрузки, мощные вентильные преобразователи, электропечные установки, сварочные комплексы и других устройства, которые при всей своей экономичности и технологической эффективности оказывают отрицательное влияние на гармонический состав напряжения в сети. Пример фактической формы сетевого напряжения с учетом влияния высших гармоник приведен на рис. 4.

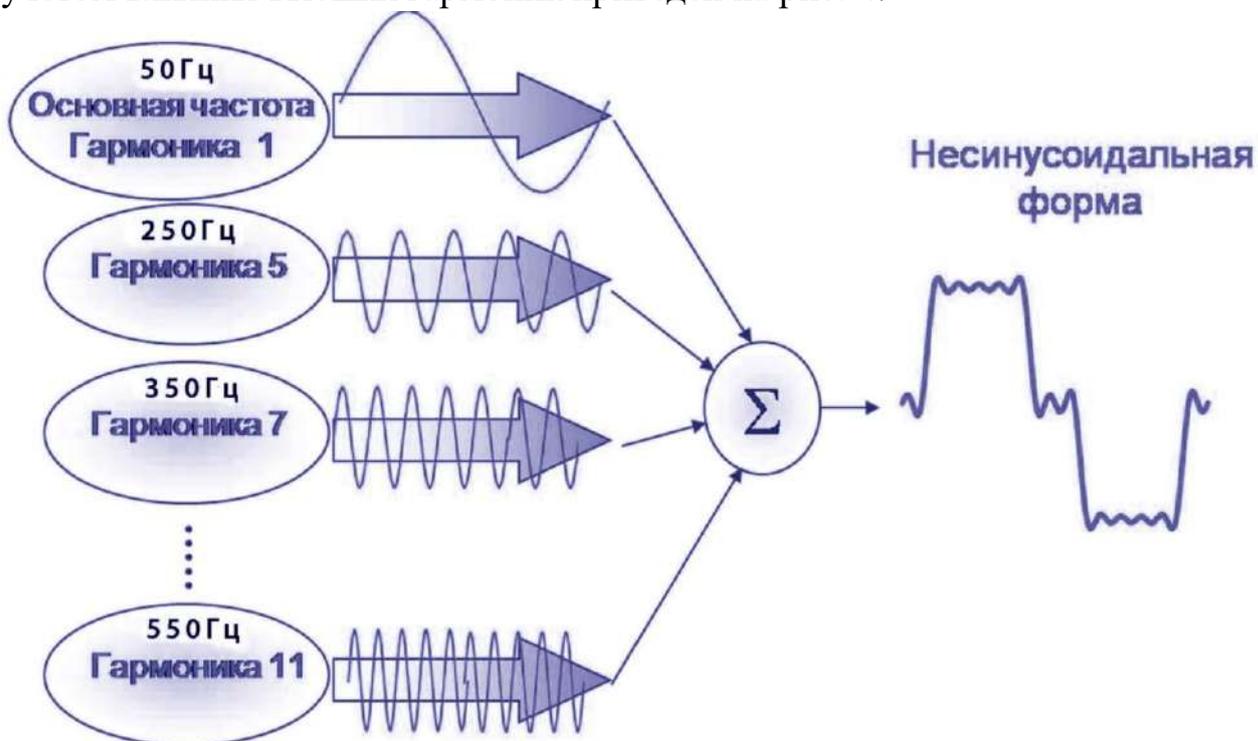


Рис. 4. Искажение формы сетевого напряжения из-за наличия гармоник

Здесь синим цветом представлена основная гармоника амплитудой 310 В, частотой 50 Гц и начальной фазой, равной 0, сиреневым – 5-я гармоника амплитудой 141 В, частотой 250 Гц и нулевой начальной фазой, зеленым – 11-я гармоника с той же амплитудой, частотой 550 Гц и начальной фазой также равной 0, а красным цветом представлена суммарная форма кривой напряжения сети.

Одним из наиболее перспективных способов уменьшения токов и напряжений высших гармоник в сетях промышленных предприятий является применение силовых фильтров высших гармоник, представляющих собой последовательное соединение индуктивного и емкостного сопротивлений, настроенных в резонанс на фильтруемую гармонику. Широкое распространение получили наборы фиксированных фильтров на 5,7,11,13

гармоники, которыми дополняются конденсаторные установки, используемые для компенсации реактивной мощности.

При этом наиболее перспективным является использование фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ), представляющих собой пассивные LC фильтры, настроенные на частоты соответствующих гармоник. Параметры фильтров подбирают таким образом, чтобы звенья были настроены в резонанс на частоты фильтруемых гармоник, а их емкости позволяли бы генерировать необходимую реактивную мощность на промышленной частоте.

### **Ограничение пусковых токов**

Для большинства электротехнических устройств пусковые токи существенно превышают номинальные. Хотя этот процесс имеет кратковременный характер, он может послужить причиной увеличения стоимости электроэнергии для предприятий. В зависимости от используемого тарифа энергоснабжающие предприятия могут взимать месячную плату не по номинальной, а по максимальной потребляемой мощности. Превышение может составлять до 30% месячной стоимости электроэнергии.

### **Компенсация кратковременного падения напряжения**

В системах электропитания возможно снижение напряжения относительно номинального значения. Это приводит к тому, что электродвигатели и другие устройства потребляют ток, превышающий номинальное значение, что может послужить причиной их выхода из строя и снижении коэффициента полезного действия.

### **Сглаживание переходных процессов**

Переходные процессы, имеющие своим результатом кратковременные превышения (обычно несколько миллисекунд) токов и напряжений относительно номинальных значений, могут быть обусловлены внешними и (или) внутренними причинами. В качестве таких причин могут выступать разряд молнии, переключения на питающих подстанциях, переключения на нагрузках. Изменения напряжения в результате переходных процессов могут достигать от нескольких вольт до десятков киловольт, при этом скачки тока могут достигать десятка кА.

На практике до 80% изменений напряжения в результате переходных процессов обусловлены переключениями на нагрузке (включение и отключение мощных потребителей).

### **Адаптивные комплексы энергосбережения**

Разработанные авторами адаптивные комплексы энергосбережения (АКЭС) позволяют обеспечить комплексное решение задач энергосбережения по всем указанным выше направлениям.

Компенсация реактивной мощности, симметрирования фаз и подавления гармоник в сети предприятия реализованы в энергосберегающих устройствах АКЭС, как единое оригинальное техническое решение.

Устройство АКЭС содержит в своем составе измеритель параметров сети (ИПС), контроллер (К), блок коммутации и управления (БКУ), коммутируемые косинусные фазные и межфазные конденсаторы, итеративные трансформаторы, управляемый фильтр гармоник, входящие в состав блока компенсации реактивной мощности, фильтрации высших гармоник и компенсации перекоса напряжений (БФРК). Функциональная схема устройства АКЭС приведена на рис 5.

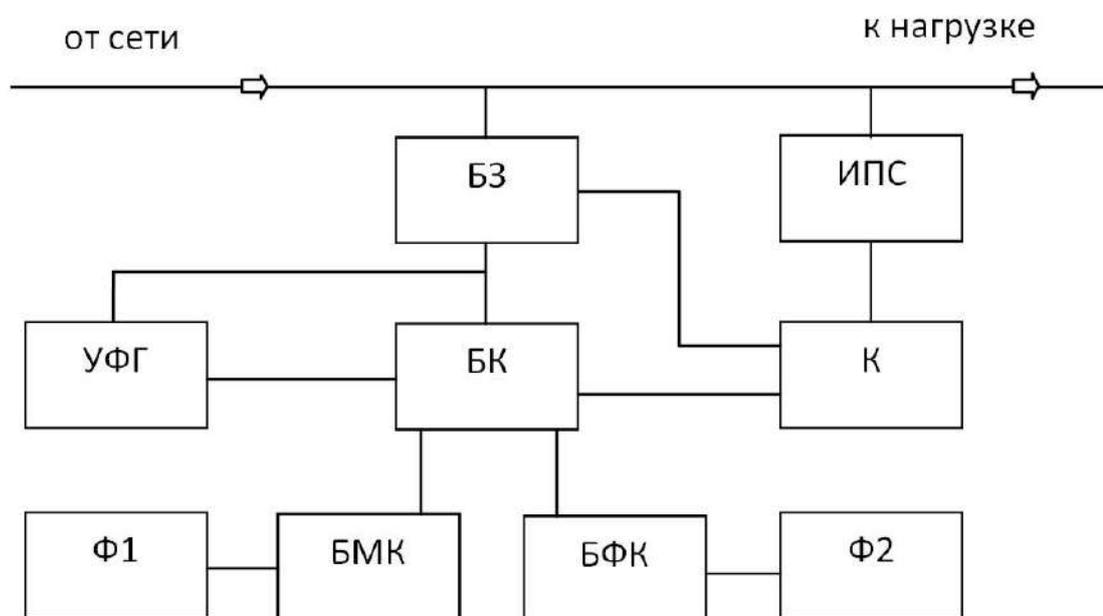


Рис. 5. Функциональная схема АКЭС

где: ИПС - измеритель параметров сети, К – контроллер, БКУ – блок коммутации и управления, БРФК – блок компенсации реактивной мощности, фильтрации высших гармоник и компенсации перекоса напряжений,  $U_A, U_B, U_C$  – фазные напряжения сети,  $I_A, I_B, I_C$  – токи сети,  $X_A, X_B, X_C$  – реактивные сопротивления АКЭС.

После включения устройства АКЭС по программе контроллера производится анализ реактивной мощности в каждой фазе. При ее наличии поступают сигналы на включение косинусных конденсаторов до полной компенсации реактивной мощности. Одновременно анализируется гармонический состав напряжений сети и вырабатываются команды коммутации для управляемого фильтра гармоник.

При этом, в отличие от ФКУ, управляемые фильтры гармоник устройств АКЭС автоматически адаптируют свою настройку к изменению гармонического состава сетевого напряжения (например, в связи с включением вновь приобретенного мощного оборудования с нелинейным вентильным преобразователем с изменяемым углом отсечки), при этом подавление гармоник может превышать 80%.

По завершению отработки фильтра гармоник, контроллером вырабатываются команды управления батареями косинусных конденсаторов индивидуально в каждой из фаз (в отличие от группового управления в

конденсаторных установках). При этом для исключения последовательного резонанса (в цепи косинусный конденсатор – индуктивные элементы сети) и исключения перегрузки косинусных конденсаторов, контроллером производится оценка сигнала, поступающего с анализатора гармонического состава сигнала, и, при необходимости, формируется команда для подключения подстроечных косинусных конденсаторов для отстройки от частоты паразитного резонанса.

Подключение батарей косинусных конденсаторов по каждой из фаз в устройстве АКЭС производится через итеративный трансформатор, что обеспечивает их дополнительную защиту от перегрузок, как по напряжению, так и по току.

Для защиты косинусных конденсаторов их подключение происходит в момент остаточного напряжения на конденсаторе, определяемое его предыдущим состоянием и текущего напряжения сети.

Обеспечение многосторонней защиты косинусных конденсаторов в устройстве АКЭС позволило сократить их габаритные размеры и увеличить число ступеней коммутации, что позволило значительно увеличить точность компенсации реактивной мощности по сравнению с современными управляемыми конденсаторными установками.

Устранение перекоса фаз в устройствах АКЭС обеспечивается блоком «межфазных» конденсаторов. Блок «межфазных» конденсаторов работает таким образом, что при перекосе фазных (линейных) напряжений сети происходит смещение нулевой точки конденсаторной батареи что, в свою очередь приводит к изменению положения векторов токов конденсаторов и их величин. В результате этого вектор тока конденсаторной батареи, подключенный к «перегруженной» фазе, уменьшается, а угол между ним и вектором тока нагрузки соответствующей фазы увеличивается, что приводит к уменьшению соответствующего тока сети.

Вектор тока конденсаторной батареи, подключенной к «недогруженной» фазе, увеличивается, а угол между ним и вектором тока нагрузки уменьшается, что приводит к увеличению тока сети данной фазы.

Таким образом, значения токов в фазах сети выравниваются и, как следствие, выравниваются фазные и линейные напряжения сети.

Следует заметить, что в отличие от решения с включением симметрирующего трансформатором (или стабилизаторов напряжения), в устройствах АКЭС симметрирование осуществляется без разрыва сети (см. рис. б), что значительно повышает надежность энергоснабжения предприятия.

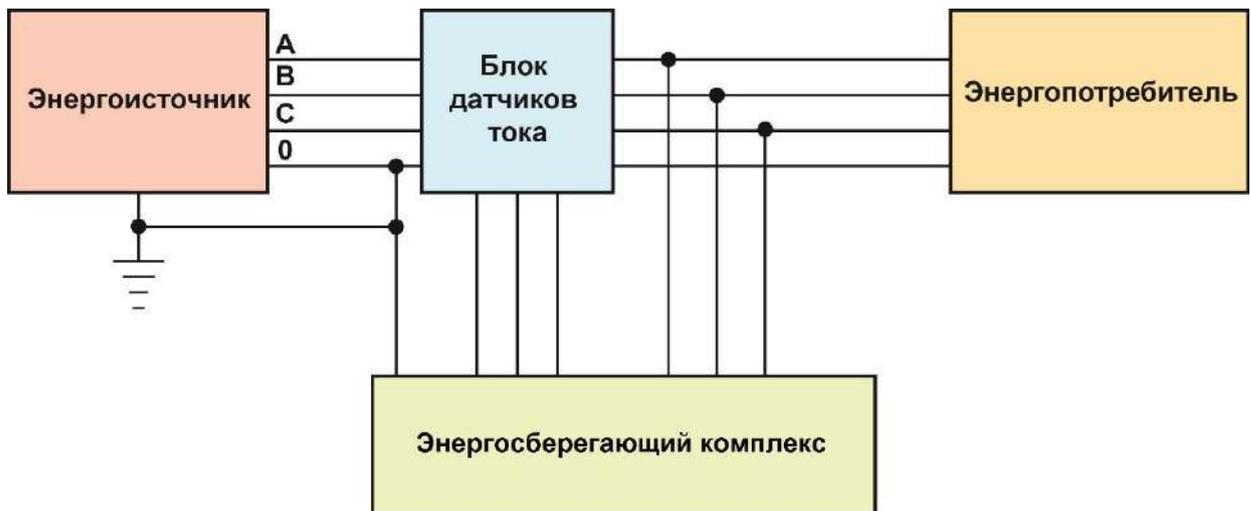


Рис. 6. Схема подключения АКЭС к сети предприятия

Кроме того, АКЭС обеспечивает выполнение дополнительных функций – защиту от кратковременных пиков и провалов напряжения, снижение пусковых токов, а также снижение переходных процессов при попадании молнии или мощных коммутациях в электроэнергетических сетях.

Как показали испытания АКЭС, их использование на предприятиях позволяет экономить свыше 15% активной электроэнергии.

### Выводы

1. Существующие способы компенсации реактивной мощности не позволяют эффективно и точно решать поставленную перед ними задачу из-за большого шага регулирования и возможности подстройки только по одной фазе.
2. Применяемые фильтры гармоник защищают, как правило, компенсаторы реактивной мощности, а не снижают гармонические искажения в сети.
3. Для компенсации перекосов напряжений используются на сегодняшний день стабилизаторы напряжений или симметрирующие трансформаторы, которые имеют большие массогабаритные характеристики и нарушают конфигурацию сети.
4. Предложен способ и устройство решения поставленных выше задач как единое оригинальное функциональное решение.

### Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9-е изд., перераб. и доп.-М.: «Высшая школа», 1996.-638 с.
2. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В. Страхов С.В. Основы теории цепей. Изд. 3-е испр. М.-Л., издательство «Энергия», 1965, 444 с.
3. Каратыгин С.А., Бабкин Е.Е., Берестов А.Т. Самохин В.И. Патент РФ №2480883, Способ энергосбережения, от 27.04.1913.
4. Каратыгин С.А., Бабкин Е.Е., Берестов А.Т. Самохин В.И. Патент РФ №2561822, Способ энергосбережения, от 05.08.2015.

**Авторы:**

Доцент кафедры «Э и Э» **Самохин В.И.**

НИУ «МИЭТ», Институт МПСУ,

124498, Россия, Москва, Зеленоград, Площадь Шокина, дом 1.

Телефон: +79163374362

E-mail: samokhin.1951@mail.ru

Ст. преп. кафедры «Э и Э» **Самохин Д.В.**

НИУ «МИЭТ», Институт МПСУ,

124498, Россия, Москва, Зеленоград, Площадь Шокина, дом 1.

Телефон: +79854203805

E-mail: oppozite1984@mail.ru

Ст. преп. кафедры «Э 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

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТОКА НА ВЫБОР ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Р.А. Рахимов*

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

*Ш.Дж. Джурсаев*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В статье оценено современное состояние электрические сети наружного освещения города Душанбе и характер электроприёмников данной сети. Рассмотрено влияние изменения коэффициента гармонической составляющей тока ( $K_I$ ) на показатели формы кривой тока, особенно коэффициент амплитуды ( $K_a$ ) и действующего значения тока. Приведены результаты расчетов значения коэффициента амплитуды, при изменении коэффициента  $K_I$  в пределах от 0 до 100 % и изменении начального угла фазы гармоник порядка 3 и 5 в пределах от 0 до 360 градусов.

**Ключевые слова:** оценка, влияние, гармонические составляющие тока, коэффициент, амплитуда, сечение проводов, кабели.

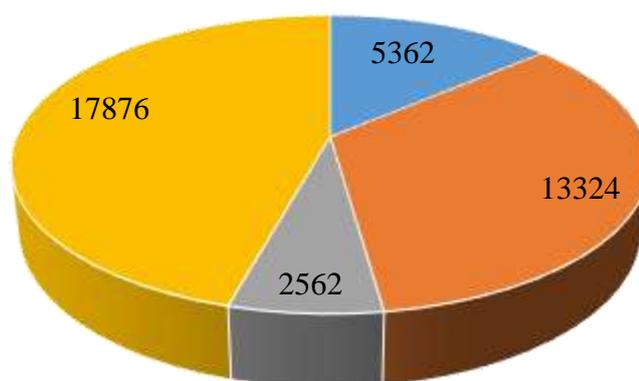
Современные потребители в электрических сетях, в основном состоят из электроприемников (ЭП) с нелинейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Обычно такие ЭП потребляя электрическую энергию (ЭЭ) становятся источниками высших гармонических составляющих тока (ВГСТ), которые отрицательно влияют, как на основное электрооборудование (ЭО), так и на другие ЭП [1]. Этими вопросами занимались многие отечественные и зарубежные учёные [2 – 6]. Однако, все опубликованные работы были посвящены в основном на влиянию ВГСТ на ЭО и ЭП. В опубликованных работах не уделено должное внимание показателям формы кривой тока, особенно коэффициенту амплитуды ( $K_a$ ). Коэффициент амплитуды – это отношение амплитудного значения синусоидального тока к среднеквадратическому значению, то есть:

$$K_a = I_m / I \quad (1)$$

Для идеального синусоидального тока  $K_a = \sqrt{2}$ . Коэффициент амплитуды обычно используют для описания запаса по диапазону измерения мгновенных значений синусоидального тока по отношению к номинальному среднеквадратическому значению. При искажении формы кривой тока по отношению к синусоиде, значение данного коэффициента существенно изменяется, и, следовательно, действующее (среднеквадратическое) значение тока тоже меняется. Как обычно, при выборе сечения проводников, жил кабелей, так же других элементов электрической сети, в основном используется действующее значение тока. Поэтому, при искажении формы кривой синусоидального тока, следует учитывать величину действующего

значения его и в том числе коэффициента амплитуды. В данной работе рассматривается влияние изменения суммарного коэффициента гармонической составляющей тока ( $K$ ) и угла начальной фазы каждой гармоники на действующее и амплитудное значения тока нагрузки.

Объектом исследования являются городские электрические сети наружного освещения города Душанбе. В данной сети, в основном, используются лампы: ДРЛ (дуговая ртутная люминофорная лампа), ДНаТ (дуговая натриевая трубчатая лампа), светодиодные и энергосберегающие, суммарная мощность которых составляет около 5 МВт. Количество используемых ламп в электрических сетях наружного освещения города Душанбе, по типу используемых ламп, приведено на рисунке 1.

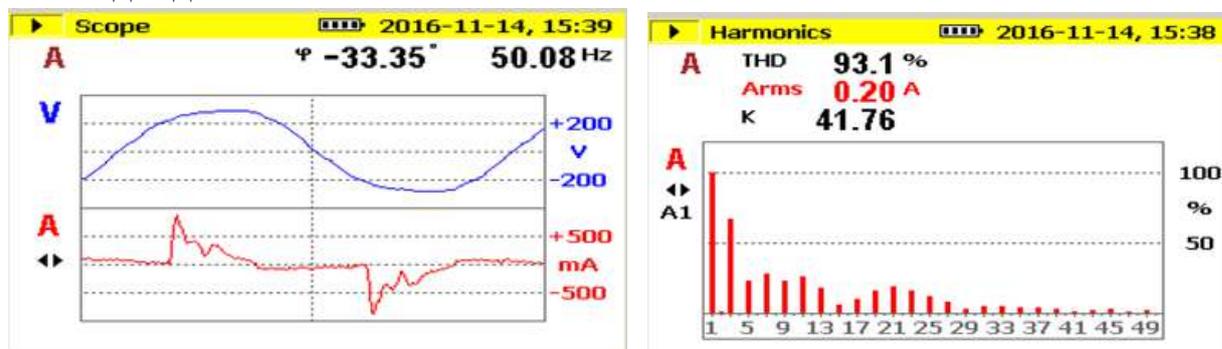


■ ДРЛ ■ ДНаТ ■ Светодиодные ■ Энергосберегающие

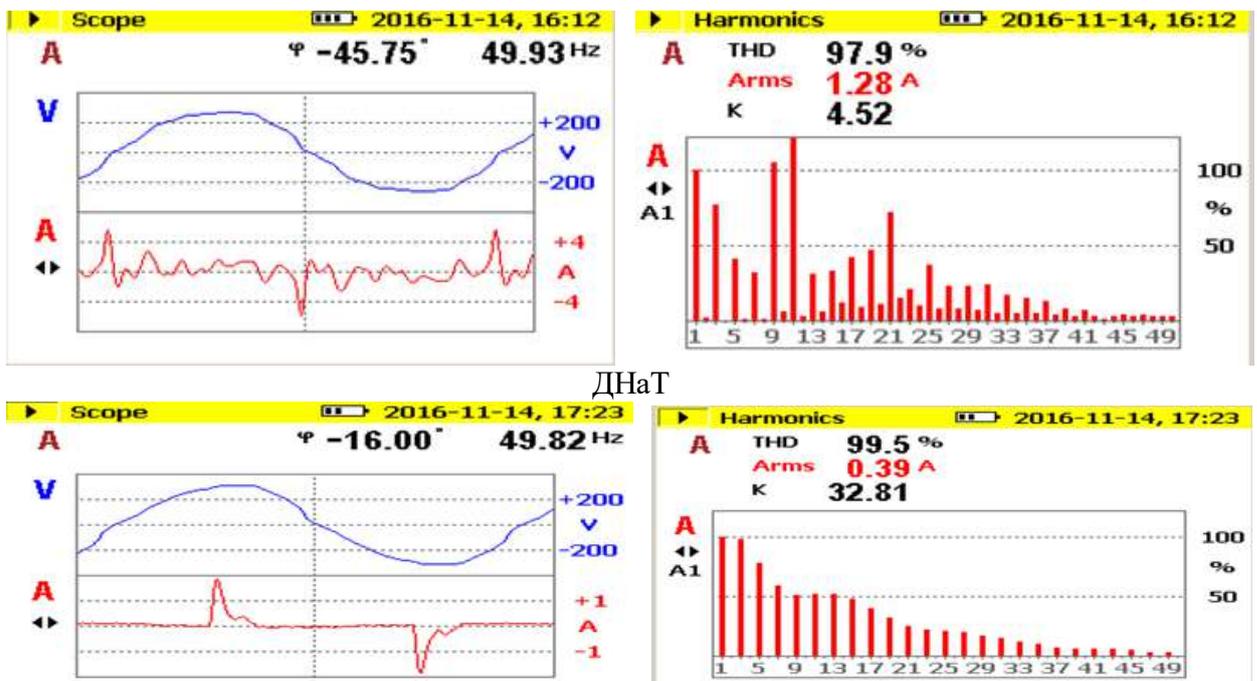
Рисунок 1. Количество и тип ламп, используемые в электрических сетях наружного освещения г. Душанбе

Как видно из рисунка 1, в рассматриваемой сети, в основном используются ДНаТ (34 %) и энергосберегающие лампы (около 46 %), доля ДРЛ и светодиодных ламп составляет 20 %.

Ниже приведены формы кривых напряжения и токов, а также спектр гармоник токов по типу ламп, при использовании ДНаТ, энергосберегающих и светодиодных.



Энергосберегающая лампа



ДНаТ

Светодиодная лампа

Рисунок 2. Форма кривой напряжения, тока и спектр гармоник токов для различных типов осветительных приборов

Как видно из рисунка 2, форма кривой тока для всех ламп сильно отличается от синусоиды и значение коэффициента  $K_I$  колеблется в пределах 70 – 90%. Значение  $K_I$  в основном зависит от амплитуды токов каждой гармоники и угла начальной фазы каждой гармоники ( $\varphi_{I(n)}$ ). Исходя из этого, целесообразно оценить зависимость коэффициента  $K_I$  на коэффициент  $K_a$  и действующего значения тока.

Для оценки влияния коэффициентов, характеризующих форма кривой тока  $K_I$  и  $K_{I(n)}$  на коэффициент амплитуды и, следовательно, действующего значения тока в классической универсальной модели синусоидальной формы кривой тока для сетей переменного напряжения. При определении зависимости  $K_a$  от  $K_I$  и  $\varphi_{I(n)}$ , значения  $K_I$  изменялось в пределах от 0 до 100 %, а  $\varphi_{I(n)}$  – от 0 до 360 градусов. Для упрощения расчета и получения достоверных результатов, на модели рассматривались изменение  $\varphi_{I(n)}$  только для гармоник 3 и 5 порядка, при неизменном значении коэффициента  $K_I = 12$  %.

Результаты расчетов (рисунок 3) показывают, что при изменении коэффициента  $K_I$ , значение коэффициента амплитуды колеблется в пределах от 1,1989 (при  $K_I = 39$  %) до 1,852 (при  $K_I = 99$  %). При этом, значение коэффициент  $K_a$  для идеального синусоидального тока составляет 1,4142.

При изменении  $\varphi_{I(n)}$  гармоник тока порядка 3 и 5 (рисунки 4 и 5) значение коэффициента  $K_a$  практически не изменяется.

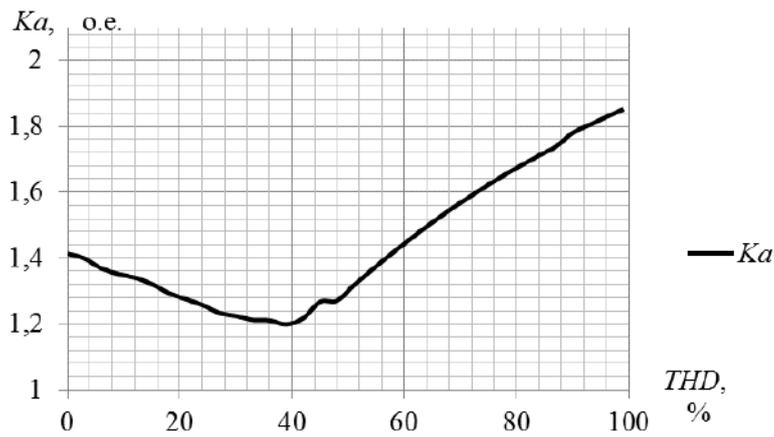


Рисунок 3. График зависимости коэффициента амплитуды от суммарного коэффициента гармонических составляющих тока

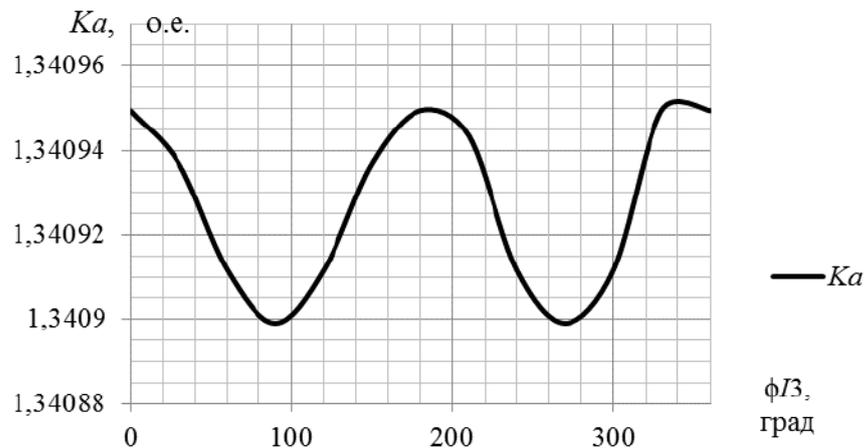


Рисунок 4. График зависимости коэффициента амплитуды от начального угла третьей гармонической составляющей тока

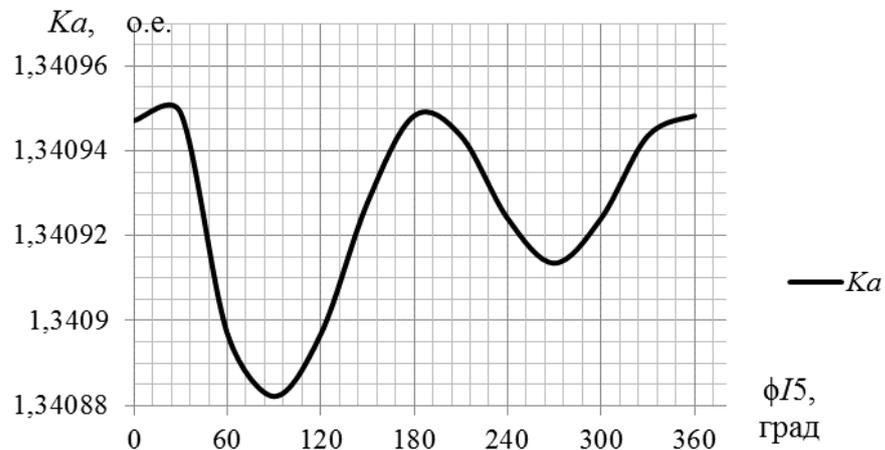


Рисунок 5. График зависимости коэффициента амплитуды от начального угла пятой гармонической составляющей тока

**Выводы.** На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

– При изменении коэффициента  $K_I$  значения  $K_a$  меняется в широком диапазоне от 1,1989 до 1,852. Это может привести к неправильному выбору проводов и жил кабелей, а также электрических аппаратов при проектировании. Так, например, когда значения коэффициент  $K_a = 1,1989$ ,

сечение проводников выбирается на 1,18 раза больше чем требуемое, а при  $K_a = 1,852$  – в 1,31 раза меньше;

– При изменении начального угла фазы каждой гармоники ( $\varphi_{I(n)}$ ) коэффициент  $K_a$  практически не меняется. Например, при изменении  $\varphi_{I(3)}$  в пределах от 0 до 360 градусов разница максимального и минимального значения  $K_a$  составляет 0,004 %, а при изменении  $\varphi_{I(5)}$  – 0,005%.

– Учёт влияния коэффициентов, гармонических составляющих тока влияет на действующее значение и, в конечном итоге, приводит к неточному (от – 18 % до + 31 % от действующего значения тока) выбору токоведущих частей, а также электрических аппаратов.

## Литература

1. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шаманов, Ю.В. Шаров, Р.Р. Насыров. 3-е издание, переработанное и дополненное. — М.: Издательский дом МЭИ. 2017. — Ст. 347.
2. Симуткин М. Г., Тульский В. Н. «Методы оценки влияния гармоник тока на силовые масляные трансформаторы и кабельные линии», Сборник трудов международной научно-практической конференции «Управление качеством электрической энергии», 26-28 ноября 2014г., Москва 2014г.
3. Симуткин М. Г. Разработка методов оценки влияния нелинейных электроприемников на режимы работы оборудования распределительных сетей / Диссертация, Москва, 2014 г.
4. Таранов М.М. Влияние современных электроприемников коммунально-бытового сектора на показатели качества электроэнергии и потери мощности в сетях 0,38 кВ / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Национальный исследовательский университет МЭИ. Москва, 2010. С. 172.
5. Камолов М.М. Оценка коэффициентов характеризующие несинусоидальности токов и напряжений в сетях коммунально-бытового назначения // М.М. Камолов, З.С. Ганиев, Х.Б. Назиров, Ш.Дж. Джураев, Ш.С. Махмадов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2020. № 1 (49). С. 37-45.
6. Джураев Ш.Дж., Рахимов Р.А. Современное состояние качества электроэнергии в электрических сетях наружного освещения города Душанбе // Материалы республиканской научно – практической конференции: «Электроэнергетика: состояние и перспективы развития» // ТТУ имени ак. М.С. Осими // Душанбе, 21 декабря 2020 года. С. 302-309.

## Авторы:

Соискатель кафедры «ТОР и Э» **Рахимов Р.А.**

ТТУ им. Академика М.С. Осими

734002, г. Душанбе, ул. Ак. Раджабовых, д.10.

Телефон: +992 (501) 87-45-50.

E-mail: said.ttu@mail.ru

к.т.н., ст. преп. кафедры «Электроэнергетика» **Джураев Ш.Дж.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (934) 83-11-00

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

# СЕКЦИЯ 3. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИРРИГАЦИЯ

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ВАХШСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

*З.Р. Рахматуллоев*

ОАО «Распределительные электрические сети» в районах республиканского подчинения

*Р. Рахматиллоев*

Таджикский аграрный университет имени Шириншоҳ Шотемур

*Р.С. Ишан-Ходжаев, Х.Б. Назиров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе

В данной статье приведены результаты обследования насосных станций оросительной системы, расположенных на Вахшском магистральном канале. Проведён анализ состояния электрической части насосных станций, выявлены проблемы и предложены рекомендации по улучшению энергетической эффективности насосных станций.

**Ключевые слова:** насосная станция, электрическая часть, синхронный двигатель, асинхронный двигатель, эффективность, электропотребление.

### Обзор состояний насосных станций оросительной системы ВМК

В оросительную систему Вахшского магистрального канала (ВМК) входят районы Кушониен, Дусти, Леваканд, Вахш, Дж.Балхи, Джайхун и Хуросон. Установленная мощность всех насосных станций ВМК составляет 82002 кВт. Согласно проведённого анализа установленных мощностей электродвигателей, самым энергоёмким районом является Дусти, мощность насосных станций которого составляет 35,16МВт. Диаграмма установленной мощности насосных станции приводится на рис 1.1.

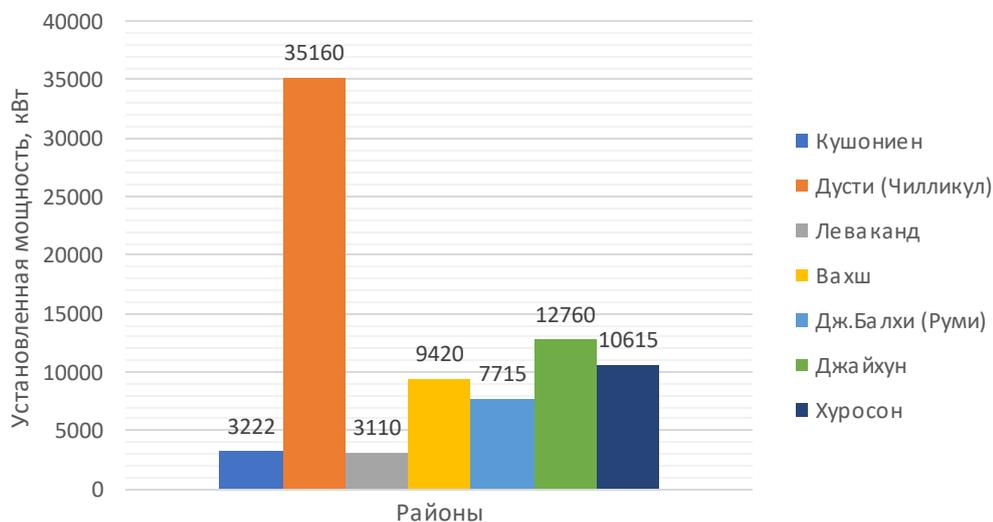


Рисунок 1.1. Установленная мощность электродвигателей насосных станции ВМК

Применение способов и методов энергоэффективности двигателей насосных станции зависит от типа двигателя (асинхронный или синхронный) и рабочего напряжения (низковольтные и высоковольтные) электродвигателей. Как правило, в качестве привода насосов применяют электродвигатели переменного тока.

Согласно статистических данных, на насосных станциях, расположенных в оросительной системе ВМК, количество используемых асинхронных двигателей (АД) низкого напряжения 0,4кВ составляет: 20,01% по районам Кушониен-100%; Леваканд-47%; Дусти-4%; Вахш-14%; Дж.Балхи-70%; Джайхун 25% и Хуросон-7% от общей доли насосов по району (см.рис 1.2.). Все электродвигатели, работающие на низком напряжении, питаются через трансформаторные пункты напряжением 10/0,4кВ или 6/0,4кВ.

Доля синхронных электродвигателей (СД) высокого напряжения в оросительной системе ВМК составляют 27,834%. Распределение по районам Леваканд-13%, Дусти-82%, Вахш-74% и Хуросон 60% от общей доли насосов по району (см.рис 1.2.).

СД низкого напряжения в данной оросительной системе вообще не применяется.

Доля асинхронных электродвигателей (АД) высокого напряжения 6-10кВ в оросительной системе ВМК составляет 52,07%. Распределение по районам: Леваканд-13%; Дусти-82%; Вахш-74% и Хуросон 60% от общей доли насосов по району (см.рис 1.2.).

В оросительной системе используются следующие виды электродвигателей насосных станций оросительной системы ВМК: АД 0,4кВ-20,01%; СД 0,4кВ-0%; АД 6-10кВ-52,07% СД 6-10кВ-27,834%.

### **Результаты обследования насосных станций района Кушониён**

В районе Кушониен расположены каскад насосных станций «Уртабуз» и насосная станция «К.Маркса»

В каскаде Уртабуз имеются 3 насосные станции. Уртабуз-1 и 2 работают в режиме каскада на два подъёма с общим напором  $46\text{м}+24\text{м}=70\text{м}$ . Первый подъем осуществляется с помощью первого витка насосной станции Уртабуз-1 производительностью  $1,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

На насосной станции Уртабуз-1 установлены 8 агрегатов 3 из которых являются высоковольтными двигателями 6кВ по 630кВт, которые подключены к трансформаторам 10/6 кВ. Насосные агрегаты 1, 7 подключены к первому трансформатору ТМ-1600/10-6кВ и агрегат 8 подключены к второму трансформатору ТМ-1600/10-6кВ (см рис 1.3.). Агрегаты 2,3,4,5,6 работают на напряжении 0,4кВ и подключены к трансформатору ТМ-1600/10-0,4кВ (см.табл 1.1). Кроме двигателей насосов к трансформатору 0,4кВ подключена нагрузка собственных нужд.

Таблица 1.1

## Технические данные насосных станций района Кушониен

Вахшский магистральный канал													
Кушониен													
№п/п	название насосной станции	год ввода в эксплуатацию	площадь орошаемых земель, га	марка насоса	количество	тип двигателя	мощность, кВт	количество	суммарная мощность, кВт	оборот в /мин	напряжения, кВ	трансформаторы	производительность, М3/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Уртабуз №1	1964	831	20-НДС	1	А4-450Х-6УЗ	630	1	630	1000	6	ТМ-1600/10-6	1
2				350-Д-90	1	АО-113-6М	250	1	250	1000	0,4	ТМ-1000/10-0,4	0,35
3				350-Д-90	1	АО-113-6М	250	1	250	1000	0,4		0,35
4				400-Д-190	1	А-103-6М	160	1	160	1000	0,4		0,45
5				250Д 22	1	А-103-6М	160	1	160	1000	0,4		0,5
6				550Д22	1	А-103-6М	160	1	160	1000	0,4		0,5
7				24ДН	1	А4-450Х-8УЗ	630	1	630	750	6	ТМ-1600/10-6	0,75
8				18НДС	1	А4-450Х-6УЗ	630	1	630	1000	6		1
2	Уртабуз №2	1974	149	400-Д-190	1	ГАМ-126-6	160	1	160	1000	0,4	ТМ400/10-04	0,45
				1-Д 1250-63	1	А2-92-4	110	1	110	1500	0,4		0,22
3	Уртабуз №3	1986	60	200-Д-70	1	4АМН-315-4М	250	1	250	1500	0,4	ТМ400/10-04	0,3
				Д-800-57	1	4АМН-315-4М	250	1	250	1500	0,4		0,3
4	К. Маркса	1989	54	200Д-60	3	4АМН3-155	120	3	360	1500	0,4	ТМ400/10-04	0,2
Итого								15	4000				6,37

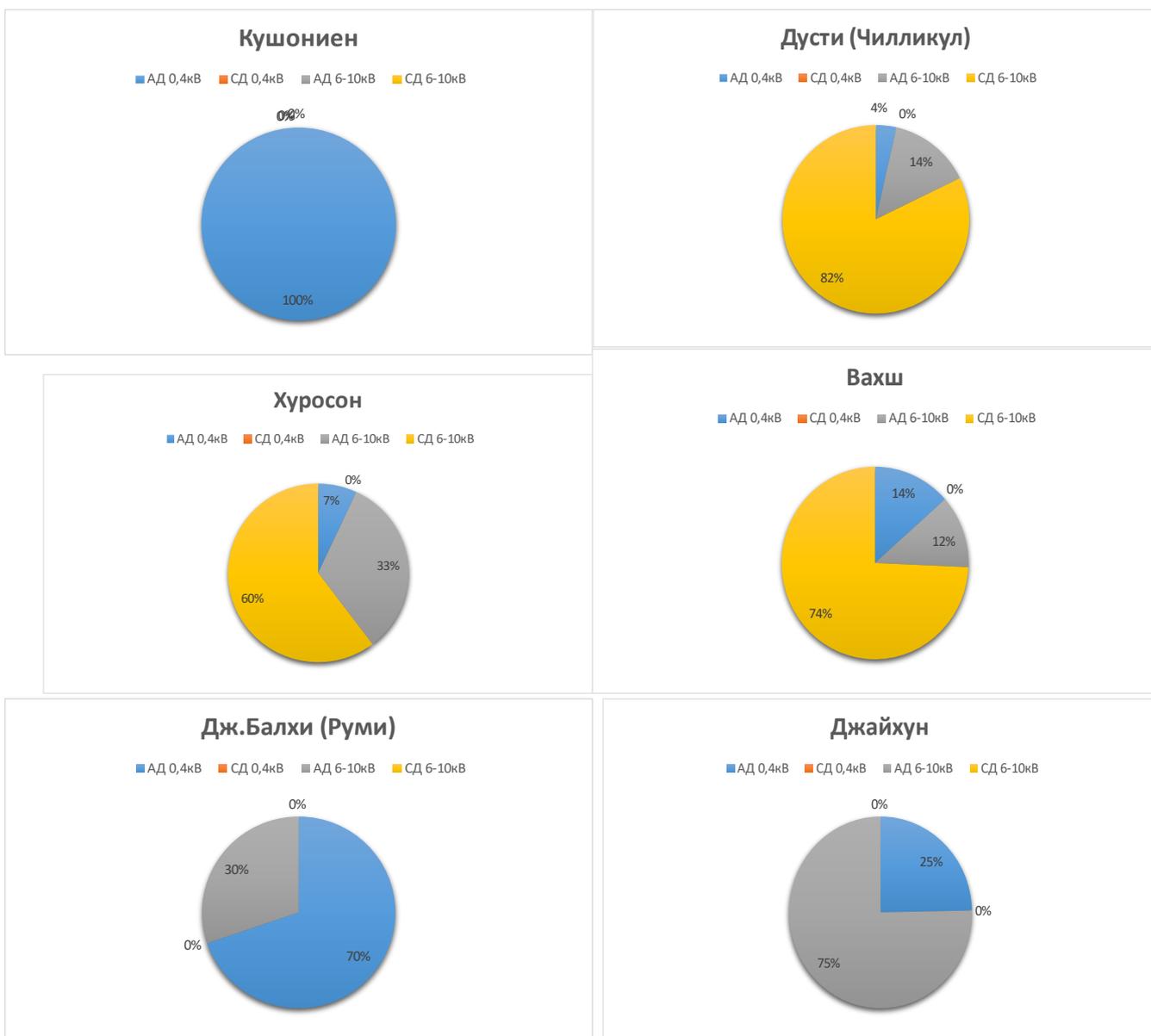


Рисунок 1.2. Распределения мощности электродвигателей в зависимости от типа и класса напряжения по районам оросительной системы ВМК



а)



б)

Рисунок 1.3. Распределительный пункт 10/6/0,4кВ насосной станции Уртабуз-1  
а)-общий вид трансформатора ТМ-1600/10-0,4 б)-ячейка РУ 6кВ насосной станции

На насосных станциях Уртабуз 1,2,3 установлены в 12 насосов с установленной мощностью электродвигателей 3640 кВт, однако, из них в рабочем состоянии находятся только 8 с установленной мощностью 3190 кВт. Двигатели в рассматриваемых насосных станциях, как и на других станциях ВМК работают с превышением установленного срока службы-15÷20 лет. На рис 1.4. приводится внешний вид двигателей насосных агрегатов 1,2 станции Уртабуз-1.



Рисунок 1.4. Внешний вид электродвигателей 1,2, насосной станции Уртабуз-1  
сроком службы более 50 лет

Превышение срока службы электродвигателей выше нормы приводит к снижению КПД и надёжности работы, что ведёт за собой дополнительные затраты на потери электроэнергии и ремонты двигателей.

По результатам визуального осмотра и технического документального анализа существующих насосных станции ВМК выявлены следующие проблемы:

1. масляные выключатели находятся в критическом состоянии (рис 1.6. а)
2. все ячейки и оборудование системы пуска и остановки электродвигателей морально и технически устаревшие;
3. система релейной защиты и автоматики не соответствует современным требованиям правил устройства электроустановок и правилам техники эксплуатации (рис 1.7. а,б);
4. система измерения и контроля параметров потребляемой электроэнергии электродвигателей (трансформаторы тока и напряжения не поверены и находятся в неудовлетворительном состоянии;
5. контрольно-измерительные приборы частично не работают;
6. автоматика привода затворов не работает, регулирование осуществляется вручную (рис 1.8);



Рисунок 1.6. а) ячейки шин РУ 6кВ



б) внешний вид масляного выключателя 6кВ



Рисунок 1.7. а) Защита электродвигателя от перегрузки



б) Внешний вид контактора для пуска и остановки электродвигателя



Рисунок 1.8. Внешний вид реле времени автоматики открытия и закрытия затвора



Рисунок 1.9. Пульт управления синхронных двигателей насосной станции  
Тошробод 2

Система возбуждения синхронных двигателей находится в неблагоприятном состоянии: регуляторы и система контроля за током возбуждения сломаны или плохо регулируются.

Имеются проблемы с запасными частями к высоковольтным выключателям, а также контакторами советского производства, так как завод изготовитель больше не производит подобного оборудования. Высоковольтные выключатели, используемые на насосных станциях ВМК, не соответствуют требованиям ПУЭ.

Система пуска и остановки высоковольтных синхронных и асинхронных двигателей осуществляется с помощью масляных выключателей нагрузки. Силовая система пуска и остановки подобного исполнения имеет свои недостатки. Недостатки масляных выключателей заключается в дороговизне масла и при каждом отключении и включении масло снижает свои физико-химические свойства. Свойство масла снижается, также, за счёт появления дуги в момент коммутации.

Для анализа электрической схемы был смоделирован режим работы насосной станции «Уртабуз-1» в программном комплексе ЕТАР-19.

При моделировании процесса (см.рис 1.10) учтено что трансформатор Т1 загружен на 95%, Т-2 на 46,6% и трансформатор Т-3 на 75,9%. Согласно требованиям ПУЭ, для одного отдельно работающего трансформатора коэффициент загрузки допускается до 95% от номинальной мощности. Судя по анализу коэффициентов загрузки трансформатор Т-2 не соответствует требованиям ПУЭ ниже 95%, это означает, что трансформатор работает недогруженным режимом и потери холостого хода больше, чем потери в обмотках.

Ниже приводится однолинейная электрическая схема насосной станции Уртабуз 1 (рис 1.10), с моделированной в программном комплексе ЕТАР-19.

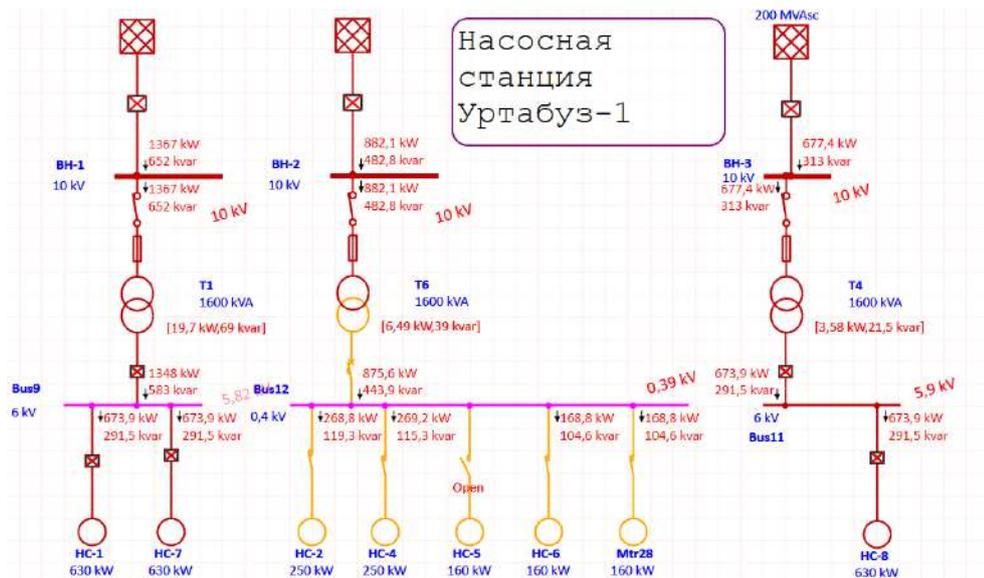


Рисунок 1.10. Принципиальная однолинейная электрическая схема насосной станции Уртабуз-1

### Заключение

Согласно проведённому техническому обследованию электрической части насосных станции ВМК, выявлено, что система управления и двигатели насосов не соответствуют требованиям надёжности, эффективности и безопасности.

Требуется заменить устаревшую систему релейной защиты и автоматики насосных станции на микропроцессорную элементную базу.

Для повышения энергоэффективности насосных станций необходимо заменить все старые агрегаты насосных станций, на более эффективные агрегаты. Нужно отметить, что на некоторых насосных станциях (Уртабуз-1, Кумсангир-1, Гулистон, Кумсангир-3, и Кумсангир-4) применяются трансформаторы для снижения напряжения 10кВ на 6кВ для подключения 6кВ электродвигателей. Подобная схема электроснабжения неэффективна за счёт дополнительной установки трансформатора 10/6кВ. Можно применять вместо 6кВ-них двигателей, двигатели на 10кВ без установки дополнительного трансформатора 10/6кВ.

Для упрощения эксплуатации насосных станций рекомендуется заменить все синхронных двигатели на асинхронные с установкой устройств компенсации реактивной мощности (батарея статических конденсаторов)

По вопросам энергоэффективности, судя по информации дежурного персонала станций, регулирование осуществляется ручным способом, без дополнительной оценки потребления энергии и расхода воды. Можно сказать, что для более энергоэффективной работы насосных станций необходимо точное регулирование скорости вращения двигателя и регулирование потребления активной и реактивной мощности.

Регулирование расхода воды осуществляется путем отключения и включения двигателей насосной станции, что является неэффективным способом.

## Литература

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999-2005.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 304 с.

### Авторы:

Ведущий инженер **Рахматуллоев З.Р.**  
ОАО «Распределительные электрические сети»  
в районах республиканского подчинения РТ  
Душанбе, квартал М.С.А. Хамадони  
Tel: +992935966200

д.сх.н, профессор **Рахматиллоев Р.**  
ТАУ имени Шириншоҳ Шотемур  
734003, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, пр. Рудаки 146  
Email: [rahmonkul@gmail.com](mailto:rahmonkul@gmail.com)

Старший преподаватель кафедры ЭЭ **Ишан-Ходжаев Р.С.**  
ДФ НИУ «МЭИ»  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [rustam048\\_tj@mail.ru](mailto:rustam048_tj@mail.ru)

к.т.н., доцент кафедры ЭЭ **Назирев Х.Б.**  
ДФ НИУ «МЭИ»  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [hurshed84@mail.ru](mailto:hurshed84@mail.ru)

# УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НА ПРИМЕРЕ ВМК

*З.Р. Рахматуллоев*

ОАО «Распределительные электрические сети» в районах республиканского подчинения

*Р. Рахматиллоев*

Таджикский аграрный университет имени Шириншоҳ Шотемур

*Р.С. Ишан-Ходжаев, Х.Б. Назиров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе

В данной работе рассмотрены энергетические показатели при частотном регулировании. Разработана модель расчёта выбора и размещения частотных преобразователей, при использовании асинхронных двигателей в насосных агрегатах.

**Ключевые слова:** насосная станция, частотное регулирование, энергетические показатели, асинхронные двигатели.

## **Модернизация каскада насосных станции ВМК с применением частотных преобразователей (ЧП)**

В настоящее время частотно-регулируемые электроприводы успешно применяются как на водопроводных, так и на канализационных (со ступенчатым режимом работы) насосных станциях. Опыт внедрения и эксплуатации таких электроприводов в течение более чем 20 лет реально подтверждает эффективность частотного регулирования во всех случаях его применения в системе водоснабжения и орошения: снижается потребление электроэнергии; оптимизируются режимы работы орошаемой сети; сокращаются потери воды; повышается ресурс работы основного оборудования; сокращаются порывы трубопроводов; в системе водоотведения - повышается ресурс работы всех составных частей технологического оборудования, системы электроснабжения и управления; сокращаются эксплуатационные расходы; снижается потребление электроэнергии.

Максимальная единичная мощность частотно-регулируемых электроприводов, установленных до 2018 г в насосных станциях системы водоснабжения, составляла 250 кВт (0,4 кВ). Последние годы заводы изготовителей производят частотные преобразователи на напряжение 6-10 кВ и мощность электродвигателя до 16000 кВт.

Нужно отметить, что экспериментальное исследование частотных преобразователей показало, что при неизменности момента на валу электродвигателя, его потребляемая мощность зависит от частоты сети. Так как частота сети постоянная, то для изменения частоты используется частотный преобразователь, который регулирует частоту напряжения подаваемого на электродвигатель от 0 до 80 Гц. График изменение мощности и вращающего момента по результату эксперимента приводится на рис. 1.1 и 1.2.

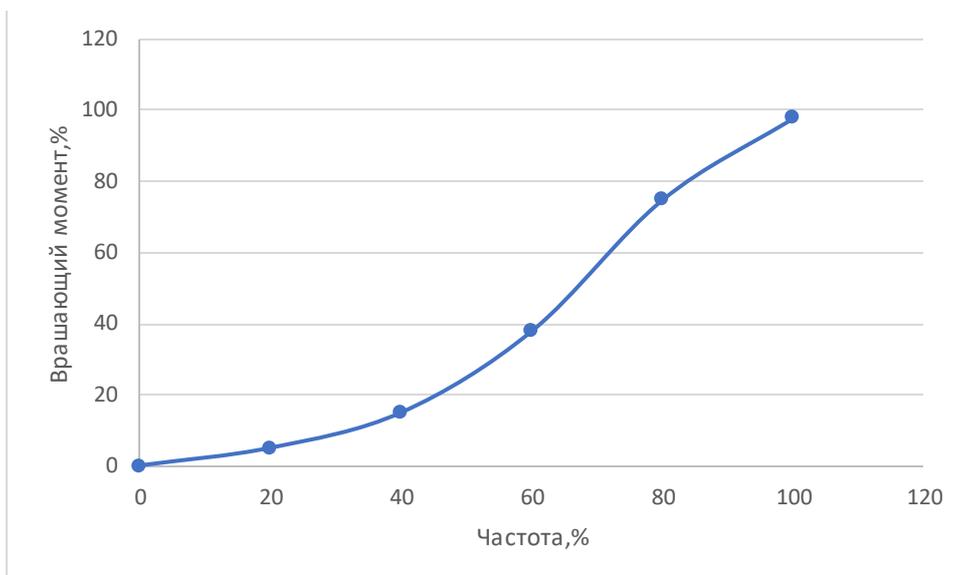


Рисунок 1.1. Зависимость вращающего момента электродвигателя от частоты

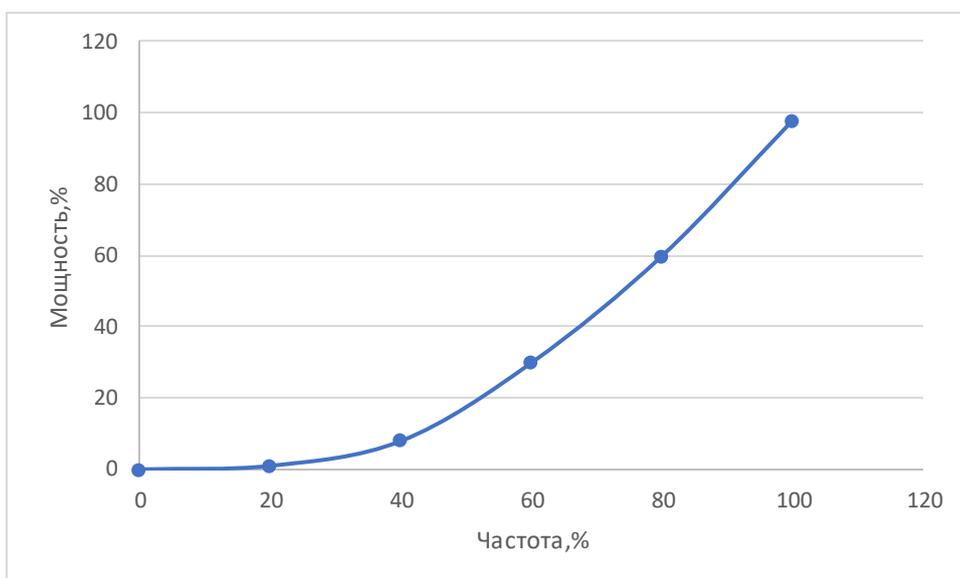


Рисунок 1.2. Зависимость потребление мощности электродвигателем от частоты

За счёт точности регулирования расхода воды с использованием частотных преобразователей можно добиться экономии электроэнергии.

Расчёт эффективности при применении частотного преобразователя для регулирования насосного агрегата на насосной станции Уртабуз-1.

При установке частотного преобразователя регулировать частоту электродвигателя насоса можно от 0-до 80 Гц. Известно, что при изменении частоты электрической сети изменяется скорость вращения ротора электродвигателя, в соответствии с нижеследующим выражением [1]

$$n_{\text{двиг}} = \frac{60 \cdot f_{\text{сети}}}{p} \quad (1.1)$$

где:  $f_{\text{сети}}$  - промышленная частота сети, как правило 50 Гц;  $p$  - число пар полюсов.

Регулирование скорости электродвигателей переменного тока можно осуществлять различными способами. Например, изменением числа пар полюсов, за счёт сопротивлений в цепи ротора и др. Однако плавное регулирование частоты вращения электродвигателя можно обеспечить за счёт частотного регулирования. Частотный преобразователь обеспечивает заданный момент на валу электродвигателя соответствующей частоты (0-80Гц) (см.рис 1.3.).

При изменении частоты вращения рабочего колеса насоса с  $n_1$  до  $n_2$  его характеристики  $Q-H$ ,  $Q-N$ , и  $Q-\eta$  изменяются по закону подобия [3]:

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{H_A}{H_B} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad \frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (1.2)$$

где  $Q_A$ ,  $H_A$ ,  $N_A$  – подача, напор и мощность насоса, соответствующие частоте вращения рабочего колеса  $n_1$ ;  $Q_B$ ,  $H_B$ ,  $N_B$  – подача, напор и мощность насоса, соответствующие частоте вращения рабочего колеса  $n_2$ .

Согласно закону подобия для нового значения частоты вращения электродвигателя насоса формула имеет вид [3]:

напор

$$H_2 = \frac{H_1 \cdot n_2^2}{n_1^2} \quad (1.3)$$

расход

$$Q_2 = \frac{Q_1 \cdot n_2}{n_1} \quad (1.4)$$

частота

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot n_2}{n_1} \quad (1.5)$$

мощность

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot n_2^3}{n_1^3} \quad (1.6)$$

Производим пример расчёта для насоса №1 насосной станции «Уртабуз-1», технические данные насоса: марка 20 НДС, подача 3200м<sup>3</sup>/час, максимальный напор насоса 75м, реальный напор насоса 48 м, электродвигатель 1000кВт по паспорту, реально 630кВт, обороты 1000 об/мин.

Предположим, что снижаем частоту сети на 5 Гц

Тогда

$$n_2 = \frac{F_2 \cdot n_1}{F_1} = \frac{45 \cdot 1000}{50} = 900 \text{ об/мин}$$

$$Q_2 = \frac{Q_1 \cdot n_2}{n_1} = \frac{3200 \cdot 900}{1000} = 2880 \text{ М}^3/\text{ч}$$

$$H_2 = \frac{75 \cdot 900^2}{1000^2} = 60,75$$

$$N_2 = \frac{1000 \cdot 900^3}{1000^3} = 729 \text{ кВт}$$

Разница в мощности 27,1%.

При таком режиме насос будет потреблять на 27,1% меньше электроэнергии, расход уменьшается на 10% и напор уменьшается на 19% от исходной. При напоре 60,75 насос, установленный на насосной станции Уртабуз-1, можно уменьшать частоту до 40 Гц.

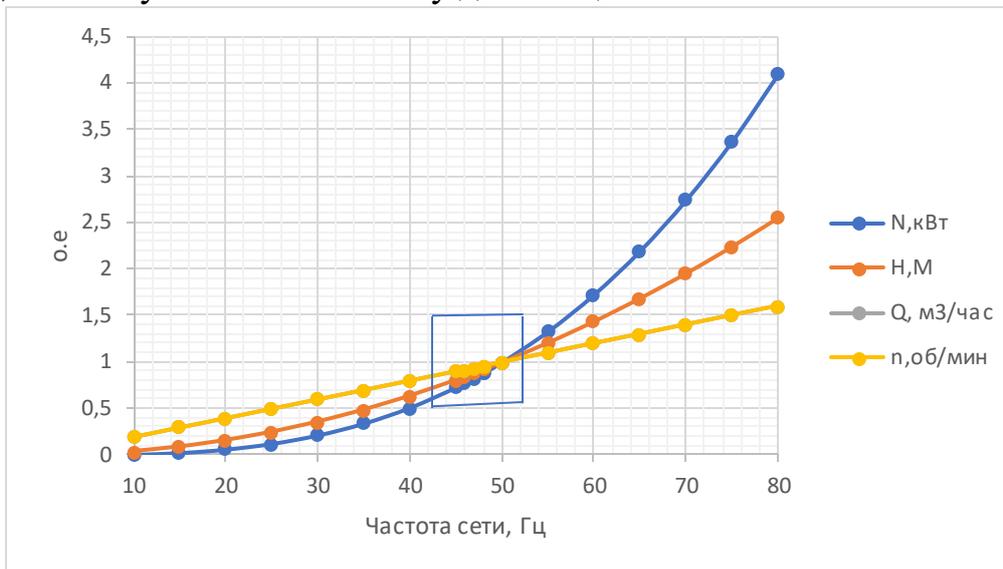


Рисунок 1.3. Зависимость скорости вращения насоса 20 НДС с двигателем 1000кВт в относительных единицах от частоты сети

Предварительные расчёты показали, что при использовании частотных преобразователей экономия в насосных станциях электроэнергии получается до 30%. Однако, данная методика имеет свои недостатки: при выборе частотного преобразователя, что выражается в необходимости определении критического напора и предела регулирования частоты.

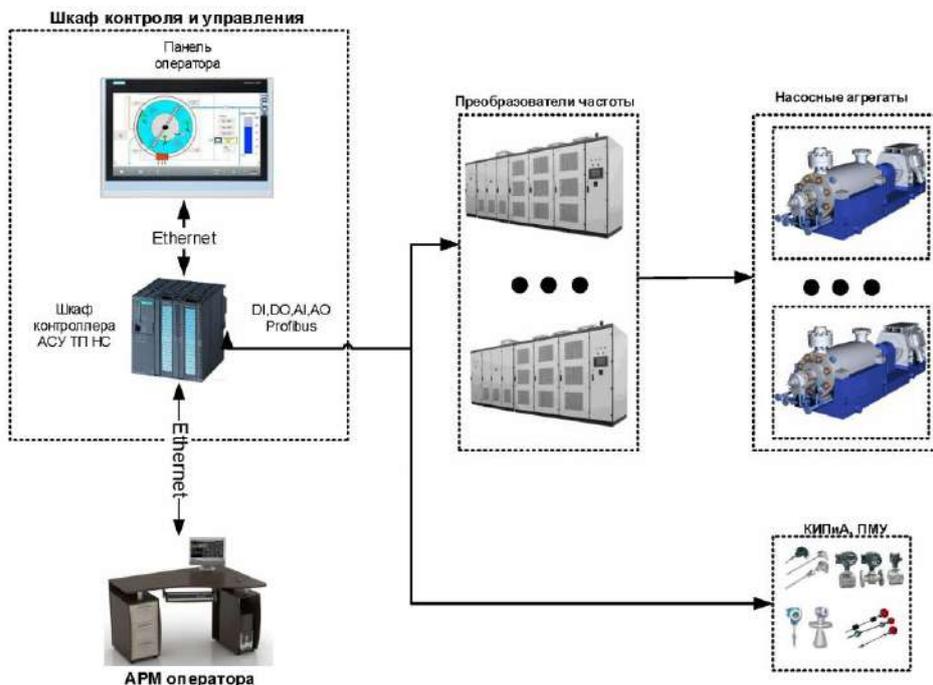


Рисунок 1.4. АСУ ТП насосной станции

При выполнении реконструкции необходимо оценить каждую насосную станцию по критическому напору. Если насос выбран с некоторым запасом тогда на данный работающий насос без замены насоса можно устанавливать частотный преобразователь. В случае работы насоса без запаса напора тогда необходима произвести перерасчёт всего агрегата для применения частотного преобразователя. Преимуществом частотных преобразователей заключается в возможности создание АСУ ТП насосной станции и в автоматическом режиме реализовать процесс оптимального управления насосов.

### **Заключение**

Использование частотного регулирования для насосных агрегатов даёт экономическую выгоду как в электропотребление, так и в регулировании расхода воды, увеличение ресурса работы электродвигателей насосов, уменьшение нагрузки на питающую сеть.

### **Литература**

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999-2005.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 304 с.
3. Рычагов В.В., Флоринский М.М. Насосы и насосные станции. Учебное пособие для высших учебных заведений 4-е изд. М., «Колос» 1975. 416 с

#### **Авторы:**

Ведущий инженер **Рахматуллоев З.Р.**  
ОАО «Распределительные электрические сети»  
в районах республиканского подчинения РТ  
Душанбе, квартал М.С.А. Хамадони  
Tel:

Д.сх.н, профессор **Рахматиллоев Р.**  
ТАУ имени Шириншоҳ Шотемур  
734003, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, пр. Рудаки 146  
Email: [rahmonkul@gmail.com](mailto:rahmonkul@gmail.com)

Старший преподаватель кафедры ЭЭ **Ишан-Ходжаев Р.С.**  
ДФ НИУ «МЭИ»  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [rustam048\\_tj@mail.ru](mailto:rustam048_tj@mail.ru)

к.т.н., доцент кафедры ЭЭ **Назирова Х.Б.**  
ДФ НИУ «МЭИ»  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [hurshed84@mail.ru](mailto:hurshed84@mail.ru)

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВЫБОРА ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ ВМК

*З.Р. Рахматуллоев*

ОАО «Распределительные электрические сети» в районах республиканского подчинения

*Р. Рахматиллоев*

Таджикский аграрный университет имени Шириншоҳ Шотемур

*Х.Б. Назиров, Р.С. Ишан-Ходжаев*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе

В данной работе рассмотрены вопросы технико-экономической эффективности при частотном регулировании. Разработана экономическая модель для расчёта и выбора компенсирующих устройств и частотных преобразователей, при использовании асинхронных двигателей в насосных агрегатах.

**Ключевые слова:** насосная станция, частотное регулирование, технико-экономический расчёт, компенсирующие устройства, асинхронные двигатели.

## Технико-экономическая оценка применения частотных преобразователей на примере насосной станции уртабуз-1

Для определения экономической эффективности использования частотных преобразователей (ЧП) для регулирования насосных агрегатов произведём технико-экономический расчёт на примере насосной станции Уртабуз-1 в Республике Таджикистан.

Определяем стоимость преобразователей частоты [1]:

$$K_{\text{ЧП}} = K_{\text{уд}} \cdot (P_{\text{ДВ}} \cdot n_{\text{дв}}) = 1560 \cdot (500 \cdot 1) = 780 \text{ тыс. сомони}$$

где  $K_{\text{уд}} = 1560$  сомони/кВт средняя удельная стоимость частотных преобразователей согласно данными производителей ЧП [1],  $P_{\text{ДВ}}$  - мощность электродвигателя на насосной станции - 500 кВт,  $n_{\text{дв}}$  - количество электродвигателей

Стоимость дополнительного оборудования (автоматическая система управления и SCADA) согласно прайс лист производителей [1]

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{ЧП}} \cdot \kappa_{\text{scada}} = 780 \cdot \left( \frac{10\%}{100\%} \right) = 78 \text{ тыс. сомони}$$

Потребляемая энергия насосной станции:

$$W_{\text{ЭН}} = (P_{\text{ДВ}} \cdot n_{\text{дв}}) \cdot (t \cdot \text{ден} \cdot \text{мес}) = (500 \cdot 1) \cdot (24 \cdot 30 \cdot 6) = 2,16 \text{ млн. кВт*час}$$

Потребляемая энергия насосной станции после установки частотного преобразователя [3]

$$W_{\text{ЧП}} = W_{\text{ЭН}} \cdot \left(1 - \frac{K_{\text{ЭКЧП}}}{100\%}\right) = 2,16 \cdot \left(1 - \frac{27\%}{100\%}\right) = 1,576 \text{ млн.кВт*час}$$

где  $K_{\text{ЭКЧП}}$  -коэффициент экономии энергии за счёт применения частотного преобразователя, зависящий от вида насосного агрегата и запаса напора (по результатам расчёта коэффициента экономии энергии составляет от 27% до 50 %) [3].

Экономия электроэнергии:

$$W_{\text{ЭК}} = W_{\text{ЭН}} - W_{\text{ЧП}} = 2,16 - 1,576 = 0,584 \text{ млн.кВт*час}$$

Капиталовложения частотных преобразователей для агрегата насосной станции

$$K = K_{\text{ЧП}} + K_{\text{ДОП}} = 780 + 78 = 858 \text{ тыс.сомони}$$

Годовые эксплуатационные расходы на потери электроэнергии и обслуживание:

$$I_{\text{ГОД}} = K \cdot a_{\text{обслуж.потерь}} = 858 \cdot \left(\frac{3\%}{100\%}\right) = 25,74 \text{ тыс.сомони/ год}$$

где  $a_{\text{обслуж.потерь}}$  -норма эксплуатационных расходов для электрической сети насосных станции 3% [4].

Определяем срок окупаемости частотных преобразователей только за счёт экономии электроэнергии:

$$T_{\text{ОК}} = \left(\frac{K + 0,12 \cdot I_{\text{ГОД}}}{W_{\text{ЭК}} \cdot C_{\text{ЭН}}}\right) = \left(\frac{858 + 0,12 \cdot 25,74}{0,584 \cdot 10^3 \cdot 0,26}\right) = 5,67 \text{ лет}$$

где  $C_{\text{ЭН}}$  -средняя цена за электроэнергию в РТ-0,26 сомони, 0,12 норма экономической эффективности для насосных станции  $1/8=0,125$

Результаты расчёта для остальных насосных станций ВМК приводятся в таблице 1.1.

Согласно результатам расчёта, суммарная установленная мощность электродвигателей насосных станции и соизмеримая с мощностью частотных преобразователей составляет 30836,98 кВт. Капитальные затраты по реконструкции системы электроснабжения насосных станции, без учёта стоимости двигателей и трансформаторов составило 48105,69 тыс.сомони. Потребление электроэнергии до установки ЧП составляет 133,215 млн.кВт\*час, а после установки составит 97,247 млн.кВт\*час. Суммарная экономия электроэнергии будет равна 35 млн.кВт\*час. При этом срок окупаемости составляет в среднем 5,679 лет, что меньше срока для ирригационных систем 8 лет [3].

Результаты технико-экономических оценок по всем насосным станциям приводятся на рис. 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Результаты экономического расчёта при использовании ЧП

Северная Ветка Джайбор

Дж.Балхи, Кушониен

Название насосной станции	год	Тип насоса	кол-во	Тип двигателя	Технические данные			оборот в минуту	Трансформатора	напряжения двигателя, кВ	мощности насоса, М	Расход воды/секунда	Тип частотного преобразователя	мощность ЧП, кВт	Стоимость преобразования энергии с учетом учета РЭА, тыс. сомони	стопимость, от дополнительного электроснабжения, тыс. сомони	Расчетные данные				Срок окупаемое, лет, месяц
					кВт	кВт	кВт										кВт	Экономия электроэнергии	Капиталовложения, тыс. сомони	Годовые эксплуатационные расходы, тыс. сомони/год	
Уртабур-1	1964	400-Д-190	1	А-13-52-8	1	500	750	ТМ-1000/10-04	0,4	45,1	0,75	ЭРАТОН-ВНВ	500	780	2160000	1576800	583200	858	25,74	5,679	
		350-Д-90	1	АО-113-6М	1	250	1000	ТМ-1100/10-06	0,4	45,1	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
		400-Д-190	2	АО-113-6М	2	155	1000	-	0,4	45,1	0,4	ЭРАТОН-ВНВ	310	483,6	1392000	977616	361584	531,96	15,9588	5,679	
		400-Д-190	1	А-103-6М	1	160	1000	-	0,4	45,1	0,4	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		400-Д-190	1	А-13-52-8	1	500	750	-	0,4	45,1	1,1	ЭРАТОН-ВНВ	500	780	2160000	1576800	583200	858	25,74	5,679	
		400-Д-190	1	А-113-6М	1	250	1000	-	0,4	45,1	0,4	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
		350-Д-90	1	АО-113-6М	1	200	1000	-	0,4	45,1	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	200	312	864000	630720	233280	343,2	10,296	5,679	
Уртабур-2	1974	400-Д-190	1	ГАМ-12-6-6	1	155	1000	ТМ4000/10-04	0,4	14,6	0,45	ЭРАТОН-ВНВ	155	241,8	669600	488808	180792	265,98	7,9794	5,679	
		8К-18	1	А2-72-4	1	22	1500	-	0,4	81,3	0,07	ЭРАТОН-ВНВ	22	34,32	95040	69579,2	25660,8	37,752	1,13256	5,679	
Уртабур-3	1986	200-Д-70	1	4АН-315-4М	1	200	1500	ТМ4000/10-04	0,4	81,3	0,2	ЭРАТОН-ВНВ	200	312	864000	630720	233280	343,2	10,296	5,679	
		Д-800-57	1	4АМ-3153-4У3	1	315	1500	-	0,4	81,3	0,25	ЭРАТОН-ВНВ	315	491,4	1360800	993354	367416	540,54	16,2162	5,679	
<b>ИТОГО</b>													<b>2862</b>	<b>4464,72</b>	<b>12363840</b>	<b>9025603,2</b>	<b>3388236,8</b>	<b>4911,192</b>	<b>14733576</b>	<b>5,679</b>	

Центральная система Г. К.

Вахш																					
Махон Шари (в/х)	1967	-	7	-	-	160	-	-	-	0,4	20	0,25	ЭРАТОН-ВНВ	1120	1747,2	4838400	3532032	1306568	1921,92	57,6576	5,679
Абдуллоев (в/х)	1972	-	1	-	-	45	-	-	-	0,4	7	0,07	ЭРАТОН-ВНВ	45	70,2	194400	141912	52488	77,22	3,166	5,679
Нисий (в/х)	1972	-	1	-	-	45	-	-	-	0,4	5	0,07	ЭРАТОН-ВНВ	45	70,2	194400	141912	52488	77,22	3,166	5,679
Шар-шар (в/х)	1970	-	2	-	-	110	-	-	-	0,4	21	0,17	ЭРАТОН-ВНВ	220	343,2	950400	695792	256608	377,52	11,3256	5,679
<b>ИТОГО</b>													<b>1430</b>	<b>2230,8</b>	<b>6177600</b>	<b>4509648</b>	<b>1667952</b>	<b>2453,88</b>	<b>73,6164</b>	<b>5,679</b>	

Д-2 Голва

Вахш и Дж. Балхи																					
Бако (в/х)	1970	-	3	-	-	131,66	-	-	-	0,4	12	0,28	ЭРАТОН-ВНВ	394,98	616,1688	170613,6	1245608,93	460704,67	677,7857	20,3335704	5,679
КРС (в/х)	1978	-	2	-	-	45	-	-	-	0,4	21	0,15	ЭРАТОН-ВНВ	90	140,4	388800	283824	104976	154,44	4,6332	5,679
Девтяев (в/х)	1970	-	3	-	-	75	-	-	-	0,4	14	0,4	ЭРАТОН-ВНВ	225	351	972000	709560	262440	386,1	11,583	5,679
О.Мухом (в/х)	1975	-	2	-	-	90	-	-	-	0,4	27	0,233	ЭРАТОН-ВНВ	180	280,8	776000	567648	209952	308,88	9,2664	5,679
Топробод-1 (в/х)	1978	24 НДС	2	СДН2-16-46-10У3	2	1000	600	110/35-6ШВЧ	6,0	31,9	1,2	ЭРАТОН-ВНВ	2000	3120	8640000	6307200	2332800	3432	102,96	5,679	
		18 НДС	1	А-13-42-8	1	400	750	пост-Ташробод	6,0	31,9	0,7	ЭРАТОН-ВНВ	400	624	1728000	1261440	466560	686,4	20,592	5,679	
Топробод-1 (в/х)	1991	24 НДС	4	СДН-2-17-44-10	4	1250	600	ТМ110-35/6-ШВЧ	6,0	31,9	1,2	ЭРАТОН-ВНВ	5000	7800	21600000	15768000	5832000	8580	257,4	5,679	
Топробод-1А (в/х)	1979	16НДН	2	А-103-6М	2	160	1000	-	0,4	20,0	0,4	ЭРАТОН-ВНВ	320	499,2	1382400	1009152	373248	549,12	16,4736	5,679	
		300-Д-190	2	А-101-6	2	100	1000	ТМ600/6-04	0,4	20,0	0,3	ЭРАТОН-ВНВ	200	312	864000	630720	233280	343,2	10,296	5,679	
Топробод-5 (в/х)	1980	350-Д-90	3	А-113-4	3	250	1500	ТМ1000-100-4	6,0	47,7	0,3	ЭРАТОН-ВНВ	750	1170	3240000	2365200	874800	1287	38,61	5,679	
		350-Д-90	3	А-101-4М	3	250	1500	ТМ630-100-4	0,4	61,6	0,2	ЭРАТОН-ВНВ	750	1170	3240000	2365200	874800	1287	38,61	5,679	
Гулметон №1	1963	350Д-90	1	А-103-6М	1	200	1000	ТМ1000/10-04	0,4	37,8	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	200	312	864000	630720	233280	343,2	10,296	5,679	
		350Д-90	1	А-1-103-6М	1	160	1000	-	0,4	37,8	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
Гулметон №2	1963	350Д-90	1	М-280МД-6М	1	160	1000	ТМ1000/10-04	0,4	28,4	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		300Д-90	4	АО-103-6М	4	160	1000	-	0,4	28,4	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	640	998,4	2764800	2018304	746496	1098,24	32,9472	5,679	
Гулметон №2а	2000	20НДС	1	А-84-450-483	1	650	750	ТМ-1000/10-06	6,0	40	0,75	ЭРАТОН-ВНВ	650	982,8	2721600	1986768	734832	1081,08	32,4324	5,679	
		19НДС	1	А-13-48-8	1	400	750	-	0,4	29,1	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	400	624	1728000	1261440	466560	686,4	20,592	5,679	
Гулметон №3	1964	350Д-90	1	АО-103-6М	1	160	1000	ТМ1000/10-04	0,4	29,1	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		350Д-90	1	4А-385-6У3	1	160	1000	-	0,4	29,1	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
Гулметон №4	1964	350Д-90	1	А-1-103-6М	1	160	1000	-	0,4	27,6	0,35	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		550Д-22	1	АО-102-6М	1	125	1000	ТМ1000/10-04	0,4	27,6	0,5	ЭРАТОН-ВНВ	125	195	540000	394200	145800	214,5	6,435	5,679	
		300Д-90	1	М-280МД-6М	1	160	1000	-	0,4	27,6	0,5	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		400Д-190	1	ГАМ-12-6-6	1	130	1000	-	0,3	20,8	0,3	ЭРАТОН-ВНВ	130	202,8	561600	409968	151632	223,08	6,6924	5,679	
Гулметон №5	1965	Д-800-57	1	ГАМ-12-6-6	1	155	1500	ТМ250/10-04	0,4	18,1	0,1	ЭРАТОН-ВНВ	155	241,8	669600	488808	180792	265,98	7,9794	5,679	
		8К18	1	АС-280С-75-4	1	75	1500	-	0,4	18,1	0,07	ЭРАТОН-ВНВ	75	117	324000	236520	87480	128,7	3,861	5,679	
		12Д119	1	А-71-4	1	20	1500	-	0,02	11,7	0,02	ЭРАТОН-ВНВ	20	31,2	86400	63072	23328	34,32	1,0296	5,679	
<b>ИТОГО</b>													<b>13879,98</b>	<b>21652,7688</b>	<b>59961514</b>	<b>43771904,9</b>	<b>16189609</b>	<b>23818105</b>	<b>714,541704</b>	<b>5,679</b>	

Продолжение таблицы 1.1

Центральный Спрос																						
Дж.Балхи																						
Карл Маркс (в/х)	1989	2002-60	3	4АМНВ-155	3	238,333	-	-	0,4	51,8	0,7	ЭРАТОН-ВНВ	714,999	1115,39844	1115,39844	3088795,7	2254820,85	833974,83	1226,938	36,80814852	5,679	
ИТОГО													714,999	1115,39844	1115,39844	3088795,7	2254820,85	833974,83	1226,938	36,80814852	5,679	
<b>Кумсангир</b>																						
<b>Дж.Балхи, Джайхун</b>																						
А.Дустов (в/х)	1972	-	1	-	1	250	-	ТМ400/10-0,4	0,4	8	0,175	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	421,2	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
Вахён пав (в/х)	1997	-	2	-	2	135	-	-	0,4	12	0,16	ЭРАТОН-ВНВ	270	421,2	421,2	1166400	851472	314928	463,32	13,8996	5,679	
Кумсангир-1 (в/х)	1961	24 НДН	2	А-13-52-10	2	250	600	ТМ1800/10-6	6,0	20,1	1,3	ЭРАТОН-ВНВ	500	780	780	2160000	1576800	583200	858	25,74	5,679	
Кумсангир-2 (в/х)	1961	5502-22	1	М-280МЛ-6М	1	400	750	ТМ1800/10-0,4	0,4	23,5	0,5	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		400ДЛ-190	1	М-280МЛ-6М	1	160	1000	-			0,42	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
		20 НДН	1	А13-М6	1	250	1000	-			0,75	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
		5502-22	1	А-103-6М	1	180	1000	-			0,5	ЭРАТОН-ВНВ	180	280,8	280,8	777600	567648	209952	308,88	9,2664	5,679	
		5502-22	1	А13-М6	1	180	1000	-			0,5	ЭРАТОН-ВНВ	180	280,8	280,8	777600	567648	209952	308,88	9,2664	5,679	
		20 НДН	1	АО-113-6М	1	250	1000	-			0,75	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
		20 НДН	1	А13-М6	1	250	1000	-			0,75	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
Юбллей-Б (в/х)	1970	300ДЛ-90	1	ГАМ-125-6	1	130	1000	ТМ400/10-0,4	0,4	38,7	0,2	ЭРАТОН-ВНВ	130	202,8	202,8	561600	409968	151632	223,08	6,6924	5,679	
Юбллей-В (в/х)	1970	300ДЛ-500	1	А2-92-6У3	1	110	1000	ТМ400/10-0,4	0,4	26,6	0,12	ЭРАТОН-ВНВ	110	171,6	171,6	475200	346896	128304	188,76	5,6628	5,679	
Юбллей-Г (в/х)	1970	300ДЛ-90	1	АК102-6	1	100	1000	ТМ250/10-0,4	0,4	31,4	0,3	ЭРАТОН-ВНВ	100	156	156	432000	315360	116640	171,6	5,148	5,679	
		8К-18	1	А2-81-4	1	40	1500	-			0,08	ЭРАТОН-ВНВ	40	62,4	62,4	172800	126144	46656	68,64	2,0592	5,679	
		200ДЛ-60	1	А2-92-6У3	1	75	1000	-			0,15	ЭРАТОН-ВНВ	75	117	117	324000	236520	87480	128,7	3,861	5,679	
Максим Горький (в/х)	1987	300ДЛ-90	1	А-113-6М	1	250	1000	ТМ1000-10/06	0,4	47,1	0,2	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
Кумсангир-3 (в/х)	1962	24 НДН	2	А-113-6М	2	250	1000	-			0,3	ЭРАТОН-ВНВ	500	780	780	2160000	1576800	583200	858	25,74	5,679	
		24 НДН	1	А3-13-12-10	1	320	600	ТМ1600-10/6	6,0	16,7	1,1	ЭРАТОН-ВНВ	320	499,2	499,2	1382400	1009152	373248	549,12	16,4736	5,679	
		32ДЛ-19	1	А4-400У-10У3	1	250	600	ТМ50-6/04			0,5	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
Кумсангир-4 (в/х)	1962	16 НДН	3	АО-103-6М	3	160	1000	ТМ3200/10-6	6,0	18,6	0,5	ЭРАТОН-ВНВ	480	748,8	748,8	2073600	1513728	559872	823,68	24,7104	5,679	
		24 НДН	2	ДАМСО-15-9-10	2	260	600	ТМ750/10-0,4			1,1	ЭРАТОН-ВНВ	520	811,2	811,2	2246400	1639872	606528	892,32	26,7696	5,679	
		20 НДН	1	А4-400У-10У3	1	250	600	-			1,1	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
		20 НДН	3	А-12-52-10	3	250	600	-			1,1	ЭРАТОН-ВНВ	750	1170	1170	3240000	2365200	874800	1287	38,61	5,679	
Кумсангир-5 (в/х)	1963	400ДЛ-190	1	АО-103-6М	1	250	1000	ТМ1000/10-0,4	0,4	13,4	0,5	ЭРАТОН-ВНВ	250	390	390	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679	
		16 НДН	2	АО-103-6М	2	160	1000	-			0,5	ЭРАТОН-ВНВ	320	499,2	499,2	1382400	1009152	373248	549,12	16,4736	5,679	
		16 НДН	1	АО-103-6М	1	200	1000	-			0,5	ЭРАТОН-ВНВ	200	312	312	864000	630720	233280	343,2	10,296	5,679	
Кумсангир-6 (в/х)	1974	350ДЛ-90	1	А-103-6М	1	250	1000	ТМ630/10-0,4	0,4	39,9	0,22	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
Замини пав (в/х)	1975	350ДЛ-90	1	АО-103-6М	1	160	1000	-			0,22	ЭРАТОН-ВНВ	160	249,6	249,6	691200	504576	186624	274,56	8,2368	5,679	
ИТОГО			3		3	160	-	-	0,4	18	0,4	ЭРАТОН-ВНВ	480	748,8	748,8	2073600	1513728	559872	823,68	24,7104	5,679	
													11305	17635,8	17635,8	48837600	35651448	13186152	19399,38	581981,4	5,679	
<b>Шуробол</b>																						
<b>А.Джонин</b>																						
Сарбалд (в/х)	1961	-	3	-	3	115	-	-	0,4	60	0,9	ЭРАТОН-ВНВ	345	538,2	538,2	1490400	1087992	402408	592,02	17,7606	5,679	
Ходжа Клард (в/х)	1959	-	4	-	4	75	-	-	0,4	20	2,22	ЭРАТОН-ВНВ	300	468	468	1296000	946080	349920	514,8	15,444	5,679	
ИТОГО													645	1006,2	1006,2	2786400	2034072	752328	1106,82	33,2046	5,679	

Суммарные расчётные данные по рассматриваемой оросительной системе ВМК приводится в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Технико-экономические данные

Название насосной станции	мощность ЧП, кВт	Стоимость преобразователя с учётом РЗИА, тыс. сомони	стоимость, дополнительного электрооборудования, тыс.сомони	Потребление электроэнергии без ЧП, кВт*ч	Потребление энергии с применением ЧП, кВт*час	Экономия электроэнергии кВт*час	Капиталовложения, Тьс сомони	Годовые эксплуатационные расходы, тыс. сомони/год	Срок окупаемость, год
Уртабуз-1	2170	3385,2	338,52	9374400	6843312	2531088	3723,72	111,7116	5,679
Уртабуз-2	177	276,12	27,612	764640	558187,2	206452,8	303,732	9,11196	5,679
Уртабуз-3	515	803,4	80,34	2224800	1624104	600696	883,74	26,5122	5,679
Мусои Ширин (в/х)	1120	1747,2	174,72	4838400	3532032	1306368	1921,92	57,6576	5,679
Абдуллоев (в/х)	45	70,2	7,02	194400	141912	52488	77,22	2,3166	5,679
Ниёзи (в/х)	45	70,2	7,02	194400	141912	52488	77,22	2,3166	5,679
Шар-шар (в/х)	220	343,2	34,32	950400	693792	256608	377,52	11,3256	5,679
Бако (в/х)	394,98	616,1688	61,61688	1706313,6	1245608,9	460704,67	677,78568	20,33357	5,679
КРС (в/х)	90	140,4	14,04	388800	283824	104976	154,44	4,6332	5,679
Достиев (в/х)	225	351	35,1	972000	709560	262440	386,1	11,583	5,679
О.Махсум (в/х)	180	280,8	28,08	777600	567648	209952	308,88	9,2664	5,679
Тошробод-0 (м/х)	2400	3744	374,4	10368000	7568640	2799360	4118,4	123,552	5,679
Тошробод-1 (м/х)	5000	7800	780	21600000	15768000	5832000	8580	257,4	5,679
Тошробод-1А (м/х)	520	811,2	81,12	2246400	1639872	606528	892,32	26,7696	5,679
Тошробод-5 (м/х)	750	1170	117	3240000	2365200	874800	1287	38,61	5,679
Багара (м/х)	750	1170	117	3240000	2365200	874800	1287	38,61	5,679
Гулистон №1	520	811,2	81,12	2246400	1639872	606528	892,32	26,7696	5,679
Гулистон №2	800	1248	124,8	3456000	2522880	933120	1372,8	41,184	5,679
Гулистон №2а	1030	1606,8	160,68	4449600	3248208	1201392	1767,48	53,0244	5,679
Гулистон №3	480	748,8	74,88	2073600	1513728	559872	823,68	24,7104	5,679
Гулистон №4	570	889,2	88,92	2462400	1797552	664848	978,12	29,3436	5,679
Гулистон №5	170	265,2	26,52	734400	536112	198288	291,72	8,7516	5,679
Карл Маркс (м/х)	714,999	1115,398	111,539844	3088795,7	2254820,8	833974,83	1226,9383	36,80815	5,679
А.Дустов (в/х)	250	390	39	1080000	788400	291600	429	12,87	5,679
Вахёи нав (в/х)	270	421,2	42,12	1166400	851472	314928	463,32	13,8996	5,679
Кумсангир-1 (м/х)	1300	2028	202,8	5616000	4099680	1516320	2230,8	66,924	5,679
Кумсангир-2 (м/х)	1430	2230,8	223,08	6177600	4509648	1667952	2453,88	73,6164	5,679
Юбилей-Б (м/х)	240	374,4	37,44	1036800	756864	279936	411,84	12,3552	5,679
Юбилей-В (м/х)	310	483,6	48,36	1339200	977616	361584	531,96	15,9588	5,679

Продолжение таблицы 1.2

Юбилей-Г (м/х)	115	179,4	17,94	496800	362664	134136	197,34	5,9202	5,679
Максим Горкий (м/х)	750	1170	117	3240000	2365200	874800	1287	38,61	5,679
Кумсангир-3 (м/х)	2820	4399,2	439,92	12182400	8893152	3289248	4839,12	145,1736	5,679
Кумсангир-4 (м/х)	2250	3510	351	9720000	7095600	2624400	3861	115,83	5,679
Кумсангир-5 (м/х)	770	1201,2	120,12	3326400	2428272	898128	1321,32	39,6396	5,679
Кумсангир-6 (м/х)	320	499,2	49,92	1382400	1009152	373248	549,12	16,4736	5,679
Замини нав (в/х)	480	748,8	74,88	2073600	1513728	559872	823,68	24,7104	5,679
Сарбанд (м/х)	345	538,2	53,82	1490400	1087992	402408	592,02	17,7606	5,679
Ходжа Калъа (м/х)	300	468	46,8	1296000	946080	349920	514,8	15,444	5,679
Итого	30836,98	48105,69	4810,56872	133215749	97247497	35968252	52916,256	1587,488	5,679

### Технико-экономическая оценка установки конденсаторных батарей на примере насосной станции Уртабуз-1

При реконструкции насосных станции и замене синхронных двигателей на асинхронные происходит увеличение потребления реактивной энергии. Как известно в системах электроснабжения переменного тока синусоидального напряжения, имеет место потребление кроме активной энергии так и реактивной энергии. Как правило двигатели насосной станции потребляют реактивную энергию на 36% [1]. Синхронный двигатель как правило настраивается в режиме перевозбуждения или потребления только активной энергии. В асинхронных двигателях из за отсутствия обмотки возбуждения не имеется возможность регулирования потребления реактивной энергии. Асинхронные двигатели работают только в режиме потребления реактивной энергии. Величина потребления реактивной мощности зависит от величины  $\cos\varphi$  или  $\tan\varphi$ . Для асинхронных двигателей коэффициент мощности  $\cos\varphi$  находится в пределах  $0,8 \div 0,85$ .

Согласно результатам статистической обработки материалов по насосным станциям ВМК 76% или 23,436 МВт установленной мощности приходится на долю асинхронных двигателей (см.рис 1.1)

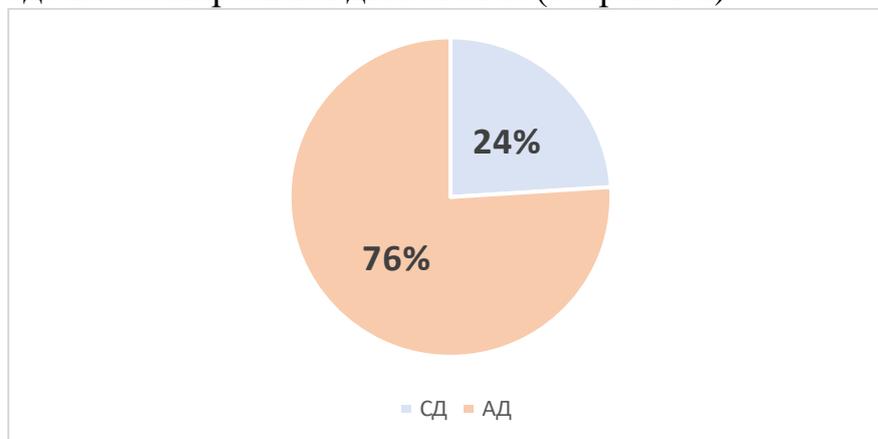


Рисунок 1.1. Виды электродвигателей, используемых на насосных станциях ВМК

По результатам обследования насосных станций выявлено, что на насосных станциях ВМК не установлены конденсаторные батареи для компенсации реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности позволяет разгрузить электрическую сеть. Для анализа проблемы произведён расчёт установившегося режима насосной станции Уртабуз-1 и оценены потери мощности без и с применением конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности.

Расчёт режима осуществлён в программном комплексе ЕТАР-19, которое находится в свободном доступе.

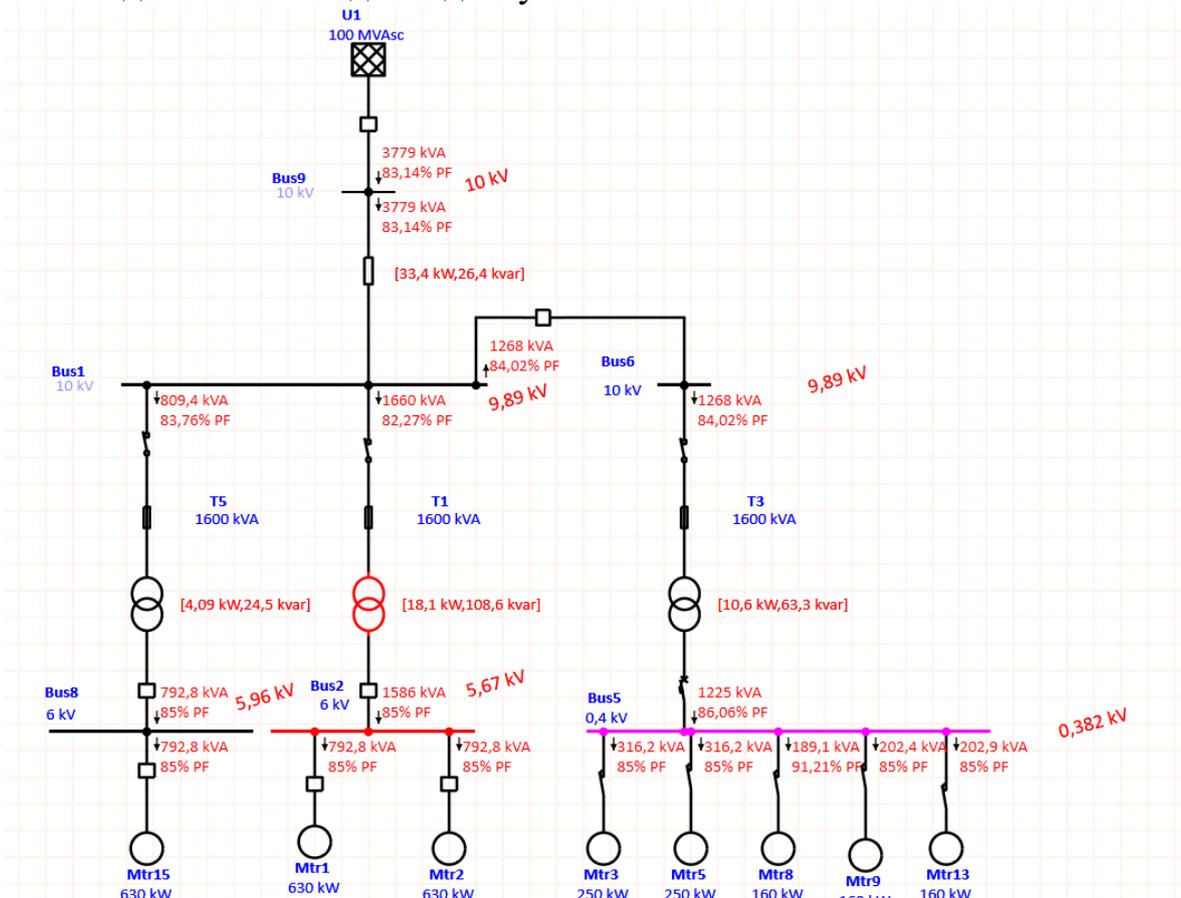


Рисунок 1.2. Однолинейная электрическая схема с результатами расчёта режима насосной станции Уртабуз-1 без установки конденсаторных батарей (реальное состояние)

Результаты расчёта приводятся в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Результаты расчёта режима без установки конденсаторных батарей

Load-MW	3,076
Load-Mvar	1,877
Generation-MW	3,179
Generation-Mvar	2,134
Loss-MW	0,102
Loss-Mvar	0,257

Величина коэффициента мощности в системе равно 0,83, что ниже требуемой величины 0,93-0,95. Далее производим выбор компенсирующих

устройств, в зависимости от режима работы, на примере насосной станции «Уртабуз-1».

Для распределения суммарной мощности компенсирующих устройств (КУ) между насосными станциями используется следующее выражение [4]:

$$Q_{\text{КУ}} = P_p \cdot (\text{tg}\varphi_{\text{ест}} - \text{tg}\varphi_3)$$

где  $\text{tg}\varphi_{\text{ест}} = \frac{Q_p}{P_p}$  - тангенс угла, соответствующий коэффициенту

мощности нагрузки подстанции в режиме максимальной нагрузки;

$P_p$  - расчетная максимальная активная мощность трансформаторной подстанции, кВт;

$\text{tg}\varphi_3 = \frac{Q_{31}}{P_{\text{р.мп}}}$  - тангенс угла, соответствующий коэффициенту мощности 0,4 [8],

$$\text{tg}\varphi_{\text{ест.уртабуз-1}} = \frac{Q_{\text{р.уртабуз-1}}}{P_{\text{р.уртабуз-1}}} = \frac{2100}{3142} = 0,66$$

Определяем мощность КУ для ТП1:

$$\begin{aligned} Q_{\text{КУ}} &= P_{\text{уртабуз-1}} \cdot (\text{tg}\varphi_{\text{естуртабуз-1}} - \text{tg}\varphi_3) = 3142 \cdot (0,66 - 0,4) \\ &= 816,92 \text{ кВар}; \end{aligned}$$

Для ТП1 насосной станции «Уртабуз-1» принимаем к установке десять конденсаторных батарей типа 8хУКЛН-0,38-216-108 УЗ мощностью 864 кВар

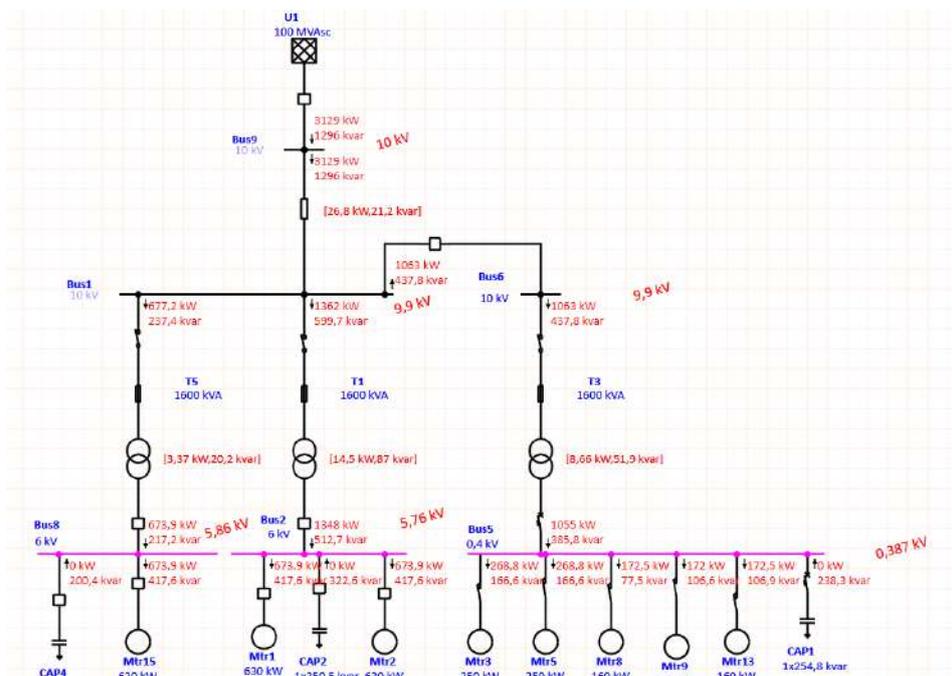


Рисунок 1.3. Результаты расчёта режима насосной станции Уртабуз-1 после установки конденсаторных батарей.

Результаты расчёта режима после установки конденсаторных батарей

Load-MW	3,076
Load-Mvar	1,132
Generation-MW	3,158
Generation-Mvar	1,339
Loss-MW	0,0823
Loss-Mvar	0,207

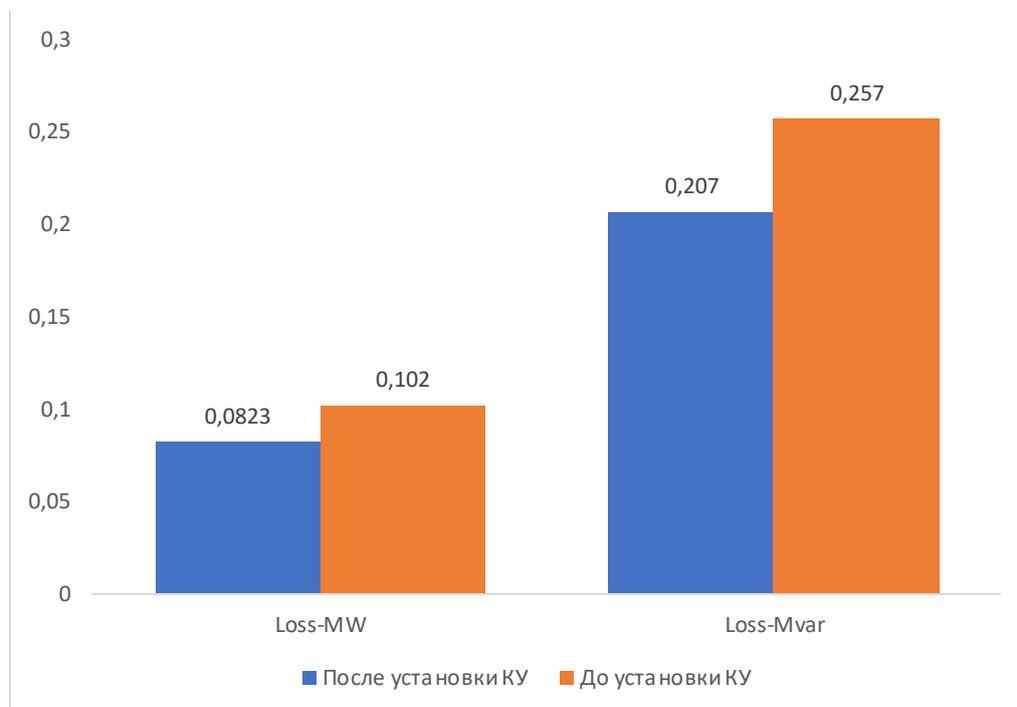


Рисунок 1.4. Потери мощности до и после установки компенсирующих устройств

Как видно из диаграммы рис.1.4, после установки конденсаторных батарей потери мощности в системе электроснабжения насосной станции уменьшаются с 102 до 82,3 кВт\*час.

Если определить потери энергии в год или за сезон работы насосной станции тогда:

$$W_{\text{ЭНДОКУ}} = (P_{\text{потдо}} \cdot n_{\text{ог}}) \cdot (t \cdot \text{ден} \cdot \text{мес}) = (102) \cdot (24 \cdot 30 \cdot 6) = 440,64 \text{ тыс.кВт*час}$$

где-6 месяцев продолжительность работы насосной станции в поливной сезон

После установки КУ потери энергии уменьшается:

$$W_{\text{ЭНПОСЛЕКУ}} = (P_{\text{потдо}} \cdot n_{\text{ог}}) \cdot (t \cdot \text{ден} \cdot \text{мес}) = (82,3) \cdot (24 \cdot 30 \cdot 6) = 355,536 \text{ тыс.кВт*час}$$

В процентных соотношениях потери в год уменьшаются на 19% от потребляемой энергии.

Нужно отметить, что ориентировочная удельная стоимость конденсаторных батарей для 1кВар составляет 100 сомони [1].

Тогда для установки на насосной станции Уртабуз-1 суммарная стоимость конденсаторной батарей составит

$$K_{\text{КБ}} = K_{\text{уд}} \cdot (Q_{\text{КУ}}) = 100 \cdot (816,92) = 81,6 \text{ тыс.сомони}$$

Экономия в год составит

$$W_{\text{ЭНПОСЛЕКУ}} = W_{\text{ЭНДОКУ}} - W_{\text{ЭНПОСЛЕКУ}} = 440,64 - 355,536 = 85,104 \text{ тыс. кВт*час}$$

Прибыль от установки конденсаторных батарей в год будет равна:

$$K_{\text{ПРИБЫК}} = W_{\text{ЭНПОСЛЕКУ}} \cdot C_{\text{э}} = 85,104 \cdot 10^3 \cdot 0,26 = 22,127 \text{ тыс. сомони/год}$$

Таким образом, срок окупаемость конденсаторных составит:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{КБ}}}{K_{\text{ПРИБЫКУ}}} = \frac{81,6}{22,127} = 3,68 \text{ лет.}$$

Необходимо отметить, что при установке КУ качество электроэнергии по отклонению напряжения улучшается.

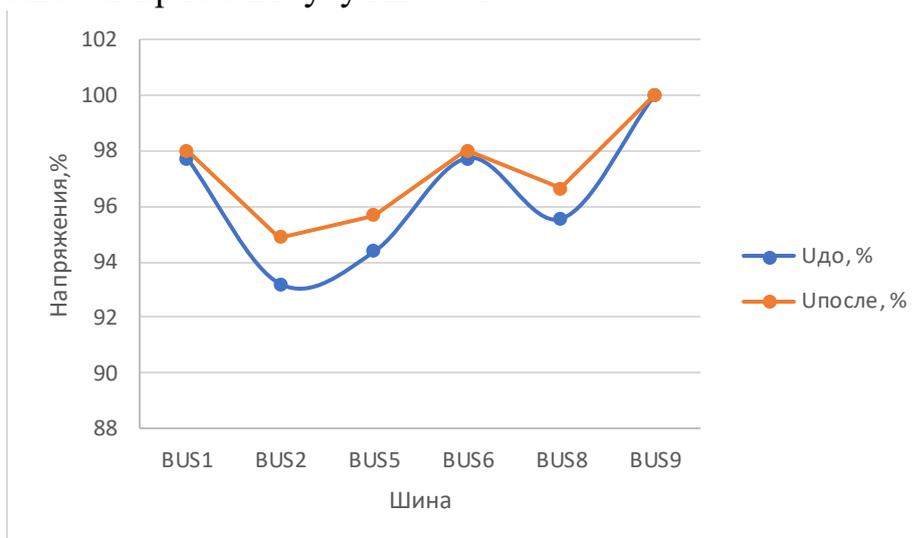


Рисунок 1.5. Сравнение напряжения на шинах насосной станции до и после установки КУ

Для остальных насосных станций результаты расчёта приводятся в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Результаты экономического расчёта выбора КУ по насосным станциям ВМК

Название насосной станции	активная мощность электродвигателя. кВт	коэффициент мощности	реактивная мощность электродвигателя, кВар	рекомендуемое значения tgφ	реактивная мощность КУ, кВар	удельная стоимость КУ, кВар/сомони	Капиталовложения, Тys. сомони
Ургабуз-1	2170	0,85	1344,845	0,4	476,8452	100	47,68452
Ургабуз-2	177	0,86	105,0256	0,4	34,22563	100	3,422563
Ургабуз-3	515	0,86	305,5831	0,4	99,58305	100	9,958305
Мусои Ширин (в/х)	1120	0,87	634,7333	0,4	186,7333	100	18,67333
Абдуллоев (в/х)	45	0,85	27,8885	0,4	9,888495	100	0,98885
Ниёзи (в/х)	45	0,86	26,70143	0,4	8,701432	100	0,870143
Шар-шар (в/х)	220	0,86	130,5403	0,4	42,54033	100	4,254033
Бако (в/х)	394,98	0,86	234,3674	0,4	76,37537	100	7,637537
КРС (в/х)	90	0,86	53,40286	0,4	17,40286	100	1,740286

Продолжение таблицы 1.5

Достиев (в/х)	225	0,86	133,5072	0,4	43,50716	100	4,350716
О.Махсум (в/х)	180	0,86	106,8057	0,4	34,80573	100	3,480573
Тошробод-0 (м/х)							0
Тошробод-1 (м/х)							0
Тошробод-1А (м/х)	520	0,85	322,2671	0,4	114,2671	100	11,42671
Тошробод-5 (м/х)	750	0,85	464,8083	0,4	164,8083	100	16,48083
Багара (м/х)	750	0,86	445,0239	0,4	145,0239	100	14,50239
Гулистон №1	520	0,87	294,6976	0,4	86,69758	100	8,669758
Гулистон №2	800	0,85	495,7955	0,4	175,7955	100	17,57955
Гулистон №2а	1030	0,86	611,1661	0,4	199,1661	100	19,91661
Гулистон №3	480	0,87	272,0285	0,4	80,02854	100	8,002854
Гулистон №4	570	0,85	353,2543	0,4	125,2543	100	12,52543
Гулистон №5	170	0,86	100,8721	0,4	32,87208	100	3,287208
Карл Маркс (м/х)	714,999	0,86	424,2555	0,4	138,2559	100	13,82559
А.Дустов (в/х)	250	0,85	154,9361	0,4	54,93608	100	5,493608
Вахёи нав (в/х)	270	0,87	153,0161	0,4	45,01605	100	4,501605
Кумсангир-1 (м/х)	1300	0,85	805,6676	0,4	285,6676	100	28,56676
Кумсангир-2 (м/х)	1430	0,85	886,2344	0,4	314,2344	100	31,42344
Юбилей-Б (м/х)	240	0,87	136,0143	0,4	40,01427	100	4,001427
Юбилей-В (м/х)	310	0,86	183,9432	0,4	59,9432	100	5,99432
Юбилей-Г (м/х)	115	0,85	71,2706	0,4	25,2706	100	2,52706
Максим Горкий (м/х)	750	0,85	464,8083	0,4	164,8083	100	16,48083
Кумсангир-3 (м/х)	2820	0,85	1747,679	0,4	619,679	100	61,9679
Кумсангир-4 (м/х)	2250	0,86	1335,072	0,4	435,0716	100	43,50716
Кумсангир-5 (м/х)	770	0,87	436,3791	0,4	128,3791	100	12,83791
Кумсангир-6 (м/х)	320	0,85	198,3182	0,4	70,31819	100	7,031819
Замини нав (в/х)	480	0,87	272,0285	0,4	80,02854	100	8,002854
Сарбанд (м/х)	345	0,86	204,711	0,4	66,71098	100	6,671098
Ходжа Калъа (м/х)	300	0,85	185,9233	0,4	65,9233	100	6,59233
<b>Итого</b>	<b>23436,98</b>		<b>14123,57</b>		<b>4748,779</b>		<b>474,8779</b>

### Заключение

При использовании частотных преобразователей происходит экономия потребления электрической энергии на 27%. Капитальные затраты по реконструкции системы электроснабжения насосных станции, без учёта стоимости двигателей и трансформаторов составят 48105,69 тыс.сомони. Потребление электроэнергии до установки ЧП составляет 133,215 млн.кВт\*час, а после установки составит 97,247 млн.кВт\*час. Суммарная экономия электроэнергии будет равна 35 млн.кВт\*час. При этом срок окупаемости составляет в среднем 5,679 лет, что меньше срока окупаемости для ирригационных систем-8 лет.

После установки конденсаторных батарей потери мощности в системе электроснабжения насосной станции уменьшаются с 102 до 82,3 кВт\*час что составляет 19% и качество электроэнергии по отклонению напряжения улучшается. Срок окупаемость КУ составит 3,68 лет.

## Литература

- 1.Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
- 2.Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999-2005.
3. Рычагов В.В., Флоринский М.М. Насосы и насосные станции. Учебное пособие для высших учебных заведений 4-е изд. М., «Колос» 1975. 416 с
- 4.Феодоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. Пособие для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1987.-368 с.ил.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 304 с.

### Авторы:

Ведущий инженер **Рахматуллоев З.Р.**

ОАО «Распределительные электрические сети»  
в районах республиканского подчинения РТ  
Душанбе, квартал М.С.А. Хамадони  
Tel: +992935966200

д.сх.н, профессор **Рахматиллоев Р.**

ТАУ имени Шириншоҳ Шотемур  
734003, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, пр. Рудаки 146  
Email: [rahmonkul@gmail.com](mailto:rahmonkul@gmail.com)

к.т.н., директор ДФ НИУ «МЭИ» **Абдулкеримов С.А.**

734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [top.df.mpei@ya.ru](mailto:top.df.mpei@ya.ru)

к.т.н., доцент кафедры ЭЭ **Назирова Х.Б.**

ДФ НИУ «МЭИ»  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [hurshed84@mail.ru](mailto:hurshed84@mail.ru)

Старший преподаватель кафедры ЭЭ **Ишан-Ходжаев Р.С.**

ДФ НИУ «МЭИ»  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзотурсунзода, д.82  
Email: [rustam048\\_tj@mail.ru](mailto:rustam048_tj@mail.ru)

## **КОМПЛЕКСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА**

*З.Ш. Юлдашев*

Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ

В статье рассматривается специфическая особенность сельского хозяйства: биологические факторы производства, которые в комплексе с техногенными средствами и предметами труда образуют агроэнергетическую систему. Примером распределенной энергетики может быть использование минитеплоэлектроцентрали, которые являются практическим воплощением нескольких электротехнологий: когенерации, тригенерации, квадрогенерации и малой энергетики. Рассмотрены преимущества каждой из электротехнологий. Практическое использование вышеперечисленных электротехнологий позволит решать энергетические проблемы и экономить энергоресурсы, а также получать продукцию с низкими энергетическими затратами.

**Ключевые слова:** когенерация, тригенерация, квадрогенерация, сельское хозяйство, энергетические затраты.

### **Введение**

Исследования ученых показывает, что наблюдается прямо пропорциональная зависимость между стоимостью приходящего на одного человека валового внутреннего продукта (ВВП) и потреблением энергии. В случае дефицита энергоресурсов нельзя добиться устойчивых темпов роста материального благополучия общества.

В отличие от других отраслей народного хозяйства сельское хозяйство имеет специфическую особенность: здесь основную роль играют биологические факторы производства, которые в комплексе с техногенными средствами и предметами труда образуют уникальную агроэнергетическую систему. Она не только перерабатывает и потребляет энергоносители, но и производит энергию. С одной стороны, происходит биологическая утилизация энергии путем ассимиляции, фотосинтеза, биоконверсии, а с другой-имеет место потребление энергоресурсов техногенного происхождения, а также использование средств производства и предметов труда на создание которых была затрачена техногенная энергия.

На производство сельскохозяйственной продукции затрачиваются главным образом естественные природные ресурсы (солнечная энергия, осадки, почвенное плодородие и другие), а также ресурсы промышленного происхождения (энергоноситель, машины и механизмы, удобрения и другие).

Структура себестоимости сельскохозяйственной продукции показывает, что затраты топливно-энергетических ресурсов составляют 15...30% и имеет тенденцию к росту.

## Результаты и методы.

В АПК СНГ отмечается низкая эффективность использования энергоресурсов. Например, при расходовании 1 кг условного топлива в Беларуси производится продукции на 1,07 \$, в то время как в Финляндии - на 4,76, во Франции – на 6,67, в Дании и Швейцарии – на 11,5\$ [1].

Аграрная энергетика – это сложный иерархический организационно-технический комплекс, который выполняет функции энергообеспечения сельскохозяйственного производства, сопряженного с социально-культурной и жилищно-коммунальной сферой АПК.

В большинстве развитых стран широко используется энергетическая стратегия, сущность которой заключается:

-переход от централизованного энергоснабжения на распределенное производство энергии, совмещенное с потребителями энергии на местах;

-переход от энергетики, основанной на ископаемом топливе, к бестопливной энергетике с использованием возобновляемых источников энергии и другие.

Примером распределенной энергетики может быть использование мини-теплоэлектростанции (Мини-ТЭЦ).

Мини-ТЭЦ – малая тепловая электростанция (до десятков МВт), предназначена для одновременного вырабатывания электрической и тепловой энергии. Это практическое воплощение нескольких электротехнологий: когенерации, тригенерации, квадрогенерации и малой энергетики. Обычно мини-ТЭЦ устанавливается непосредственно возле потребителя и производит энергию в высокоэффективном режиме конверсии первичного энергоносителя.

Рассмотрим особенности каждой из этих электротехнологий.

**Когенерация** – комбинированное производство электрической и тепловой энергии; термодинамическое производство двух или более форм полезной энергии из единственного первичного источника энергии [2].

При раздельном производстве электроэнергии и тепла имеем (рис. 1):



Рисунок 1. Раздельное производство электроэнергии и тепла

Общая эффективность (КПД) при раздельном производстве электроэнергии и тепла составит:

$$\text{КПД} = \frac{29 + 78}{200} = 53,5 \%$$

При использовании электротехнологии когенерации (получение электроэнергии и тепловой энергии) имеем (рис. 2):

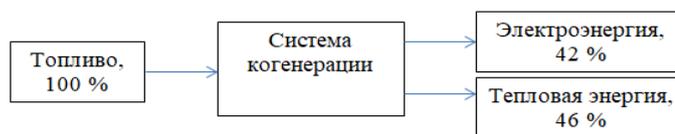


Рисунок 2. Совместное производство электроэнергии и тепловой энергии (когенерация)

Общая эффективность при раздельном производстве электроэнергии и тепла составит:

$$\text{КПД} = (42 + 46) / 100 = 88 \%$$

Основное преимущество когенерации – стремление к максимальному использованию энергии первичного топлива (например, использование тепловой энергии, которая раньше выбрасывалась в атмосферу) [3].

Общий КПД когенерационной установки составляет 80-95%. Термодинамическое производство двух или более форм полезной энергии из единственного первичного источника и есть когенерация. Две наиболее используемые формы энергии – механическая и тепловая. Механическая энергия обычно используется для вращения электрогенератора.

Когенерационные установки, например марки TEDOM, выпускаются в трех сериях, в зависимости от мощности:

- с мощностью 10...40 кВт, которые применяются для покрытия собственных потребностей объекта в электрической энергии с использованием тепла для его отопления;
- с мощностью 40...150 кВт, которые применяются в промышленных объектах, больницах, бассейнах и гостиницах, для снижения стоимости электрической энергии в часы «пик»;
- с мощностью 160...3800 кВт, которые применяются на крупных предприятиях и в городских котельных, где электрическая энергия продается.

**Трикогенерация** – это комбинированное производство электрической, механической и тепловой энергии из одного и того же первичного источника энергии. Произведенная механическая энергия также может использоваться для поддержания работы вспомогательного оборудования, такого, как компрессоры и насосы. Тепловая энергия может использоваться как для отопления, так и для охлаждения. Холод производится абсорбционным модулем, который может функционировать благодаря горячей воде, пару или горячим газам. При эксплуатации традиционных (паровых) электростанций, в связи с технологическими особенностями процесса генерации энергии, большое количество выработанного тепла выбрасывается в атмосферу через конденсаторы пара, градирни и тому подобное.

Большая часть этого тепла может быть утилизирована и использована для удовлетворения тепловых потребностей, это повышает эффективность с 30...50% - для электростанций до 80...90% - в системах когенерации [1].

Наиболее важными чертами когенерации следует признать высочайшую эффективность использования топлива, более чем удовлетворительные экологические параметры, а также автономность.

Когенерационные установки очень выгодно использовать в качестве главных источников электрической энергии для промышленных предприятий, школ, больниц, торговых центров и других объектов, где полностью удовлетворяет потребность в электрической энергии. Тепловая энергия, произведенная данной установкой, используется в отоплении названных объектов и в обеспечении горячим водоснабжением.

В качестве главного вида топлива для когенерационных установок, как правило, используется природный газ. Все чаще находят применение альтернативные виды горючего, прежде всего биогаз, который можно получить на биогазовых станциях, расположенных вблизи водоочистительных станциях, свалок коммунальных отходов или сельскохозяйственных предприятий.

**Тригенерация** – комбинированное производство электричества, тепла и холода. С энерготехнологической точки зрения имеется в виду соединение когенерационной установки с охладительной установкой. Это является выгодным с точки зрения эксплуатации когенерационной установки, так как дает возможность утилизации тепла и летом, вне отопительного сезона, и этим продлить время работы установки в течение всего года (рис. 3).

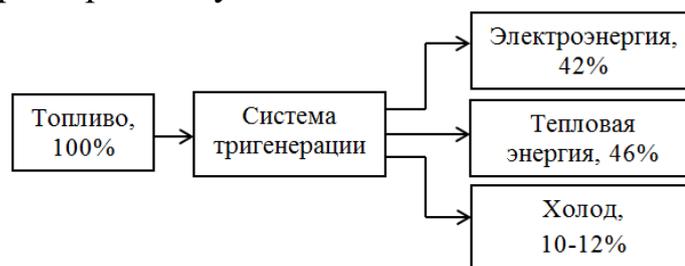


Рисунок 3. Комбинированное производство электричества, тепла и холода

Холод может использоваться в системе кондиционирования в производственных помещениях, в социальной сфере. Кондиционеры могут быть двух конструкций: компрессионные – привод компрессора от электродвигателя; абсорбционные – действие обеспечивается энергией пара, газа, горячей воды.

Преимущество абсорбционного охлаждения по сравнению с компрессионным охлаждением является то, что оно может работать на более дешевой энергии, а не на дорогой электрической, в случае компрессионного охлаждения.

Принцип абсорбционного охлаждения заключается в следующем. Концентрированный раствор постоянно нагревается в кипятильнике до температуры кипения каким-либо источником тепла (электрическим, газовым и т.п.). Так как температура кипения хладагента значительно ниже температуры кипения растворителя (абсорбента), то в процессе выпаривания концентрированного раствора из кипятильника выходят концентрированные пары хладагента с небольшим количеством растворителя.

На пути движения к конденсатору концентрированные пары хладагента проходят специальный теплообменный аппарат (дефлегматор), в котором происходит частичная конденсация концентрированных паров. При этом

образовавшийся конденсат стекает в концентрированный раствор, выходящий из кипятильника, а более концентрированные пары хладагента поступает в конденсатор, а высококонцентрированный жидкий хладагент из конденсатора – в испаритель, где он закипает при отрицательной температуре, из холодильника поступает в абсорбер и охлаждается окружающей средой до температуры начала абсорбции.

**Квадрогенерация** – комбинированное производство электричества, тепла, холода и углекислоты. С электротехнологической точки зрения имеется в виду соединение когенерационной установки с охлаждающей установкой и генератором CO<sub>2</sub>. Химическая энергия топлива преобразуется в электрическую, тепловую и холод, а очищенный выхлопной газ используется преимущественно в качестве подкормки растений в теплицах (рис. 4).



Рисунок 4. Совместное производство электроэнергии, тепловой энергии, холода и углекислого газа

В качестве основного вида топлива для данных установок, как правило, используется природный газ, но в последнее время все чаще находят применение альтернативные виды горючего – биогаз. Биогаз можно получить на биогазовых станциях, расположенных вблизи водоочистительных станций, свалок коммунальных отходов или сельскохозяйственных предприятий со специализацией птицеводство и животноводство.

## Выводы

Практическое воплощение вышеперечисленных электротехнологий: когенерации, тригенерации, квадрогенерации и малой энергетики позволит решить энергетические проблемы, экономить энергоресурсы, получать продукцию с низкими энергетическими затратами, то есть с меньшей долей энергии в себестоимости продукции.

## Литература

1. **Энергоэффективность аграрного производства** / В.Г. Гусаков [и др.]; Нац. Акад. Наук Беларуси, Отд. аграр. наук, Ин-т экономики, Инн-т энергетики; под общ. ред. Акад. В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича. -Минск: Беларус. навука, 2011. -776 с.
2. **Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш.** Технологическая востребованность и техническое сопровождение увеличения потребления энергии в АПК. Монография. -СПб.: СПбГАУ, 2021. -168 с. ISBN 978-5-85983-359-7.

3. **Стасинопулос П.** Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инжинирингу для устойчивого развития / П. Стасинопулос. – М.: Эксмо, 2012. – 288 с.

**Автор:**

Д.т.н., доцент **Юлдашев Зарифджан Шарифович**,  
Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ  
734064, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, улица Айни, 299/1.  
Телефон: +(992 37) 2258092.  
E-mail: [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru)

## СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ СМОЛЕНСКОЙ ТЭЦ-2

*Е.В. Луцкая, А.А. Коротких*

Филиал ФГБОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ» в г. Смоленске

Объекты теплоэнергетики оказывают значительное отрицательное воздействие на окружающую среду. Вредные вещества от сгорания органического топлива выбрасываются в атмосферу ежегодно в больших количествах. Оценить негативное воздействие данных факторов на окружающую среду представляется очень трудоемким процессом, требующим выработку целого комплекса решений и автоматизации сложных процессов.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, выбросы, воздействие, окружающая среда, топливо, объекты.

Энергетика стала одной из важных составляющих в нашей жизни. Соответственно, чтобы потреблять электроэнергию ее нужно производить. По этой причине и началось строительство электростанций, количество которых продолжает расти.

Тепловые электрические станции и теплоэлектроцентрали оказывают значительное отрицательное воздействие на окружающую среду [1]. Ежегодно много вредных веществ от сгорания органического топлива выбрасывается в атмосферу. Оценка негативного воздействия на экологическое состояние окружающей среды путем расчета экономического ущерба является трудоемкой, в связи с этим появляется необходимость автоматизации данного процесса [2].

Целью проведенной работы является анализ негативного воздействия ТЭЦ на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Развитие энергетики влияет на различные компоненты природной среды: на атмосферу, на гидросферу, на литосферу и биосферу. На сегодняшний день это воздействие приобретает глобальный характер, затрагивая все структурные компоненты нашей планеты [3]. Но нельзя утверждать, что все объекты теплоэнергетики экологически равноценны.

Объектом исследования является анализ экологического ущерба от выбросов загрязняющих веществ деятельности Смоленской ТЭЦ-2.

Предметом исследования является негативное воздействие выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от деятельности Смоленской ТЭЦ-2.

По количеству загрязняющих веществ, среди теплоэлектростанций, наибольшее отрицательное воздействие на окружающую среду оказывают ТЭЦ. Главной причиной этого является процесс сжигания органического топлива. Вредные вещества от сгорания топлива выбрасываются в атмосферу, гидросферу, литосферу. При работе теплоэлектроцентрали возникает шум, который является частью технологического процесса производства энергии. Гул означает запуск дополнительного оборудования, что необходимо для стабильного теплоснабжения всех объектов города, подключенных к тепловой электростанции.

По приблизительному подсчету, в России производство и распределение электроэнергии, воды и газа занимает третье место, по количеству выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, это обусловлено значительной долей производств по добыче полезных ископаемых и обрабатывающих производств [4]. По регионам эти показатели варьируются и производство, и распределение электроэнергии может находиться на 1 месте.

В настоящее время уровень загрязнения атмосферного воздуха в Смоленской области остается довольно высоким. Данные представлены на рисунке 1.

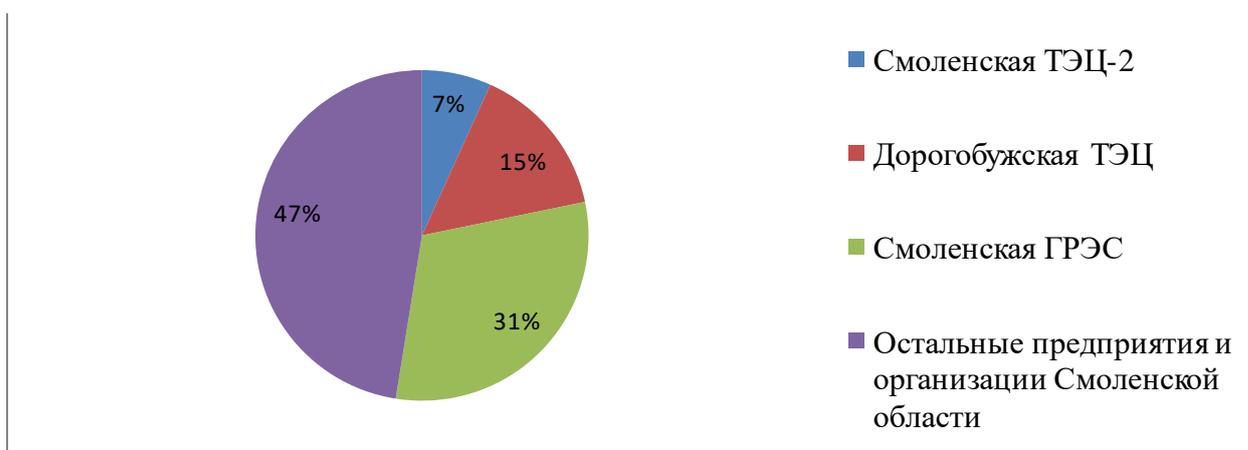


Рисунок 1. Вклад предприятий Смоленской области в загрязнение атмосферного воздуха

Стоит отметить, что в продуктах сгорания происходит концентрирование микроэлементов, в том числе и радионуклидов. Степень их концентрирования зависит от многих факторов, в число которых входит первоначальная концентрация радионуклидов в угле.

Данные по сбросам радионуклидов с дебалансными водами вводные объекты в динамике за 2017-2021 года Смоленской ТЭС-2 показаны на рисунке 2.

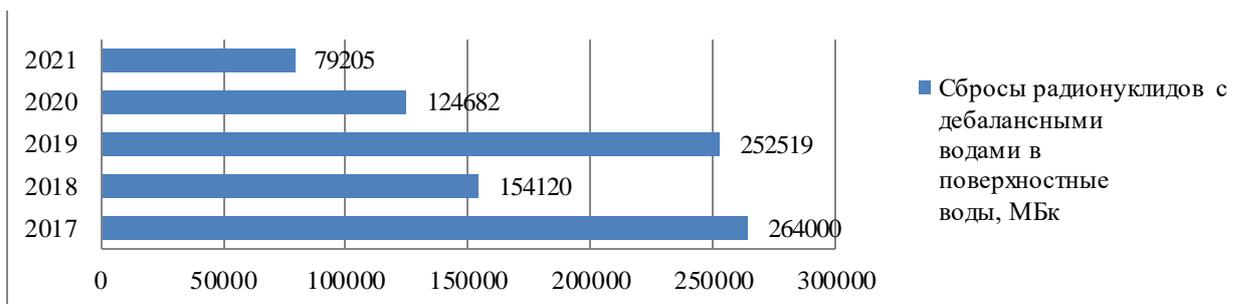


Рисунок 2. Сбросы радионуклидов с дебалансными водами в водные объекты за 2017-2021 года Смоленской ТЭЦ-2

Также фиксируются валовые выбросы вредных химических веществ в атмосферный воздух от источников загрязнения Смоленской ТЭЦ-2. Данные за 2021 год приведены на рисунке 3.

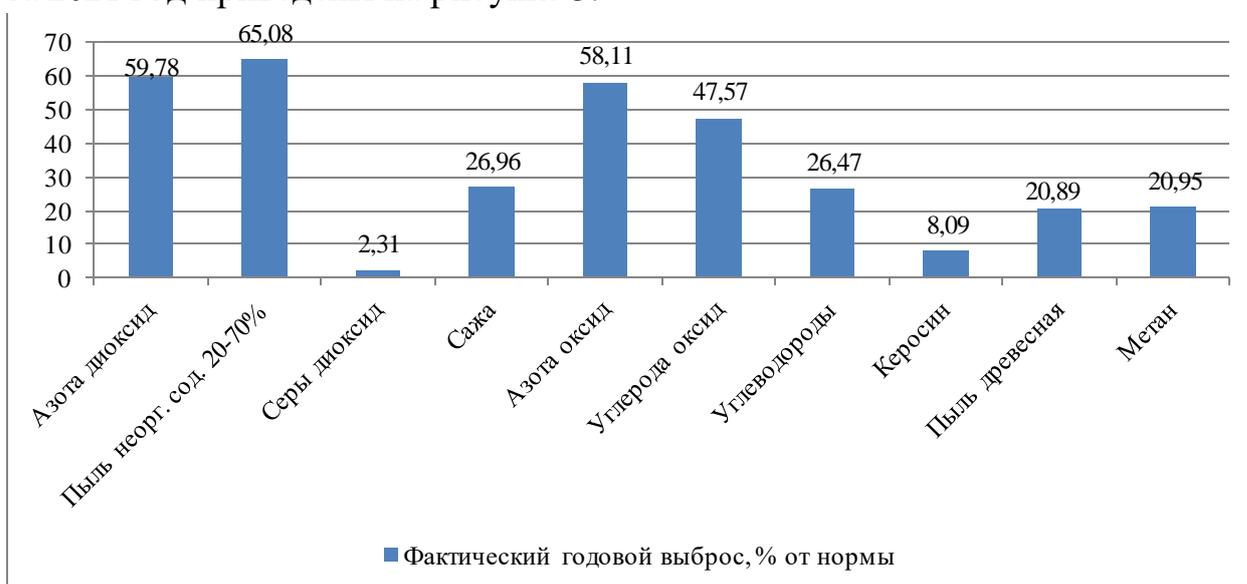


Рисунок 3. Валовые выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от источников загрязнения Смоленской ТЭЦ-2

Азота диоксид имеет раздражающее воздействие на дыхательные пути и слизистую оболочку глаза. Оксиды азота и серы разрушают хлорофилл растений, что пагубно влияет на листву и хвою. А увеличение в атмосфере количества углекислоты приводит к возникновению «парникового эффекта».

Изменение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух связано с изменением массы переработанного сырья гидравлическими прессами, времени работы железнодорожной техники, объема отходов.

Большое количество в атмосферном воздухе различных загрязнителей неблагоприятно сказывается на всем комплексе живой природы [5].

Данные по валовым выбросам загрязняющих веществ Смоленской ТЭЦ-2 в атмосферный воздух в динамике за 2017-2021 года приведены на рисунке 4.

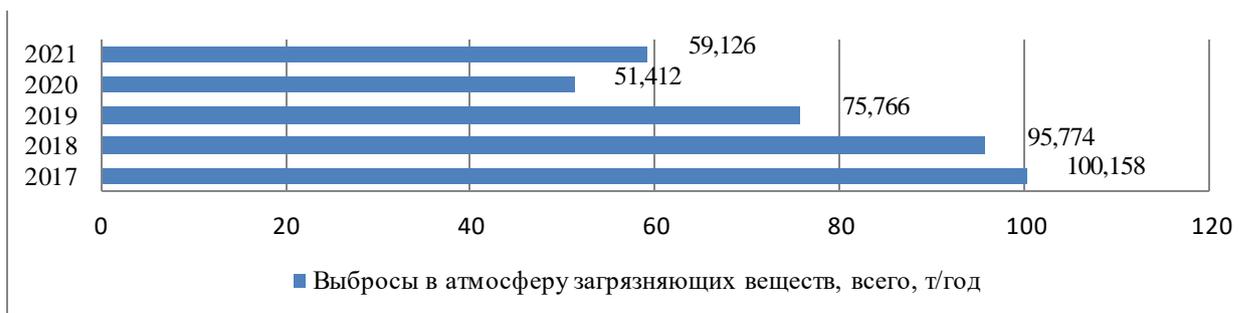


Рисунок 4. Динамика валовых выбросов вредных химических веществ Смоленской ТЭЦ-2 в атмосферный воздух за 2017-2021 года

Источниками выбросов в атмосферный воздух парниковых газов на Смоленской ТЭЦ-2 являются резервные дизель-генераторы, работающие на дизельном топливе, а также пускорезервная котельная, где в качестве топлива используется мазут.

Изменение образования отходов связано с изменением объема строительно-ремонтных работ объектов и сооружений Смоленской ТЭЦ – 2. Динамика количества отходов производства и потребления, образованных в процессе производственной деятельности ТЭЦ за 2017-2021 года приведена на рисунке 5.

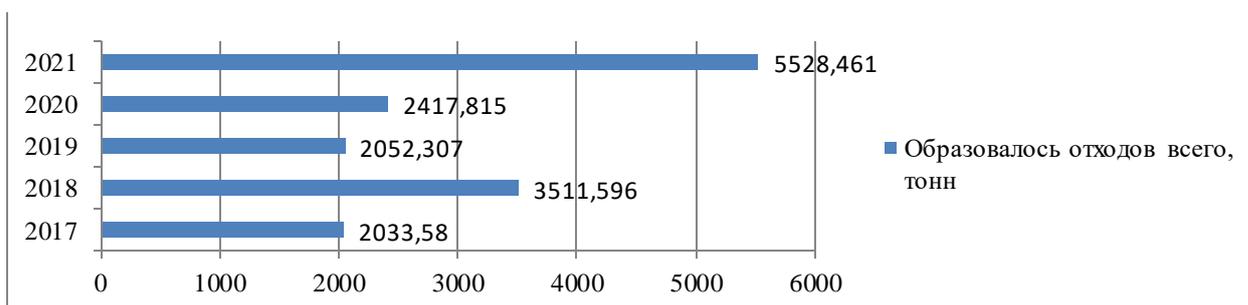


Рисунок 5. Динамика образования отходов производства и потребления Смоленской ТЭЦ – 2 за 2017-2021 года

Из существующих на данный момент видов электростанций тепловые электрические станции и теплоэлектроцентрали больше всего загрязняют атмосферу [4].

Проанализировав, экологическое состояние окружающей среды Смоленской ТЭЦ-2 за пять лет (2017-2021 г.), можно прийти к выводу, что необходима разработка мероприятий обеспечивающих экологическую безопасность региона, разработка информационной системы для анализа негативного воздействия ТЭЦ на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

## Литература

1. Приказ Минэкономразвития России Федеральной службы государственной статистики от 09.10.2020 г. №627 «Об утверждении формы федерального статистического

наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации федеральной службой по надзору в сфере природопользования федерального статистического наблюдения за отходами производства и потребления» [Электронный ресурс] // Контур Норматив: сайт. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=376732//>, (дата обращения 23.06.2023);

2. Костылева Н. В. Экологический ущерб: вопросы, вопросы... / Н. В. Костылева, В.И. Микишева, Т. В. Сорокина // Геогр. вестн. – 2010. – № 1. – С. 46-54;

3. Москаленко А.П. Экономика природопользования и охраны окружающей среды: учеб. Пособие / А. П. Москаленко // Учебное пособие. – 2003. – 224с.;

4. Муртазина М.Ш. Оценка негативного воздействия на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий теплоэнергетики / М.Ш. Муртазина, М.А. Панченко // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах. Том 1, Юрга, 05-06 ноября 2015 года. - Юргинский технологический институт, 2015. – С.263-266

5. Петров И.Г. Методика оценки эколого-экономического ущерба / И.Г. Петров, М.Ю. Жихоренко, А.А. Коренной // Научные меридианы 2015: сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Краснодар, 08-09 апреля 2015 года. - Краснодар: Академия знаний, 2015. – С. 313-316;

#### **Авторы:**

Студент **Луцкая Е.В.**

НИУ «СФ МЭИ»

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

Телефон: 8-910-119-44-12

E-mail: [lucckaia03@mail.ru](mailto:lucckaia03@mail.ru)

Ст. преподаватель **Коротких А.А.**

НИУ «СФ МЭИ»

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

Телефон: 8-908-288-21-88

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

# ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СМОЛЕНСКОЙ АЭС НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНА

*М.С. Шенцева, П.А. Моликов, А.А. Коротких*

Филиал ФГБОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МЭИ» в г. Смоленске

Атомная энергетика – это одно из основных направлений обеспечения населения электроэнергией. Развитие атомной энергетике должно проходить в постоянной заботе о здоровье и безопасности людей, а также экологической безопасности региона.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, экологическая безопасность, экологический кризис, атомная станция, факторы опасности.

Проблема экологии уже на протяжении долгого времени остается в числе глобальных и важных проблем. Дефицит ресурсов, экологическая безопасность и экологический кризис – вопросы, которые непосредственно связаны с этой проблемой.

Энергия, вырабатываемая атомными электростанциями – это одна из очень опасных видов энергии. В связи с этим, объектом исследования является Смоленская атомная станция.

Смоленская атомная станция является крупным промышленным предприятием с высокой степенью воздействия на окружающую среду. Поэтому предметом изучения в данной работе стала экологическая обстановка в Смоленской области от деятельности АЭС .

Тема исследования актуальна, так как сегодня невозможно представить рост и развитие человечества без энергии атома. Это энергетическое предприятие Смоленской области, как атомная станция, уже на протяжении долгих лет обеспечивает энергопотребление нашего региона. Без такого вида производства электроэнергии нельзя представить перспективы региона.

Недооценка факторов опасности может послужить причиной аварий с тяжелейшими последствиями, а ликвидация аварий на атомной станции имеет довольно долгосрочный временной период.

Цель нашего исследования – определить главные факторы опасности при производстве электрической энергии на АЭС и оценить степень их влияния на экологическую обстановку в регионе.

Смоленская атомная станция - современное высокотехнологичное предприятие Центральной России.

Ежегодная выработка электроэнергии САЭС – порядка 20 млрд киловатт\*часов, это седьмая часть выработки АЭС России, порядка 8% в Центральном регионе и более 80% электроэнергии, производимой предприятиями энергетики Смоленской области. Смоленская атомная

станция является одним из ключевых узлов в Единой энергетической системе страны и связана с ней шестью высоковольтными линиями электропередачи напряжением 330, 500 и 750 кВ. Основной потребитель вырабатываемой здесь электроэнергии – энергосистема «Центр», которая охватывает 18 региональных энергетических систем Центрального федерального округа. Кроме того, что атомная энергия Смоленской станции питает Калининградскую область и Беларусь, Смоленская атомная станция – основополагающий сектор экономики Смоленской области, крупнейший источник стабильного электроснабжения, надежный работодатель и налогоплательщик, а также важный элемент энергобезопасности государства, не дающий при этом дополнительных выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Высокая степень безопасности Смоленской АЭС обеспечена множеством факторов. Основные из них: наличие нескольких физических барьеров безопасности и многократное резервирование технологических систем. Все энергоблоки оснащены системой локализации аварий, исключающей выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду. Энергоблоки Смоленской АЭС постоянно модернизируются, чтобы соответствовать современным стандартам безопасности и обеспечивать надежную защиту людей и окружающей среды.

В 2021 году на САЭС образовалось 90 наименований отходов производства и потребления в количестве 5528,461 тонн при общем нормативе образования – 14517,163 тонн.

Увеличение образования отходов в 2021 году в сравнении с предыдущим 2020 годом связано с увеличением объема строительно-ремонтных работ объектов и сооружений Смоленской АЭС. При этом фактический объем образования отходов составляет 38% от установленного норматива. На каждой атомной станции России организован и осуществляется строгий учет количества радиоактивных отходов (РАО): составляется баланс по количеству и активности, ведется контроль их перемещения и накопления в специальных хранилищах для жидких (ЖРО) и твердых (ТРО) радиоактивных отходов.

Имеющиеся на Смоленской АЭС пункты хранения РАО надежны и изолированы от окружающей среды. Все РАО находятся под надежной физической (от несанкционированного использования), биологической (от радиационного воздействия на персонал и население) и экологической (от массопереноса в биосферу) защитой.

С целью сохранения и защиты природных экосистем и здоровья человека на Смоленской АЭС основными направлениями экологической деятельности являются защита окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Эти принципы определены в политике в области промышленной безопасности и экологии руководством Смоленской АЭС и постоянно реализуются посредством экологических программ и мероприятий.

Основные принципы в области экологии – выполнение экологических требований и принятых обязательств, постоянное улучшение системы экологического управления, открытость и доступность информации природоохранного характера.

Анализ фактических значений показателей процесса ИСУ «Обеспечение мониторинга состояния окружающей среды и ее защиты» в 2021 году показал, что показатели находились в пределах целевых уровней («А.3.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу» САЭС 37,34% от установленного целевого уровня в 70%; «А.3.3 Образование отходов производства и потребления» САЭС 18,22 % от установленного целевого уровня в 20%).

Контроль радиационной обстановки осуществляет отдел радиационной безопасности САЭС (ОРБ).

Уже на протяжении долгих лет Смоленская атомная станция работает стабильно, исправно и безопасно, усердно снабжая экономику дешевой и экологически чистой энергией. За всё это время она превосходно развивается и технически, и технологически.

На сегодня Смоленская АЭС обладает энергетическими установками, имеющими современный, международно-признанный уровень безопасности и исправности. Будущее станции связано с постепенным, но регулярным замещением действующих энергоблоков наиболее совершенными установками, установленными определенными стандартами.

Атомная станция уделяет довольно большое внимание охране окружающей среды. Это очень важный показатель, как для самого предприятия, так и для населения Смоленской области.

## Литература

1. Абрамов, В.Ю. Гидрогеологические и геоэкологические риски при прогнозировании качества питьевых подземных вод при эксплуатации (изучение, анализ, прогноз, управление) / В.Ю. Абрамов, Б.В. Боровский, Г.Е. Ершов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2019. – №1. – С.80-84. DOI: 10.32454/0016-7762-2019-1-80-84
2. Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин., Л.А. Булдакова, В.А. Губанов и др. Под общей ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.
3. Белоусова, А.П. Экологическая гидрогеология: Учебник для вузов / А.П. Белоусова, И.К. Гавич, А.Б. Лисенков, Е.В. Попов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 397с.
4. Гатауллин, Р.М. Контейнеры из композиционных материалов на основе бетона для радиоактивных отходов / Р.М. Гатауллин, Н.Н. Давиденко, Н.В. Свиридов, В.Т. Сорокин, И.А. Меделяев, В.И. Калинин, Н.Н. Перегудов, А.В. Дёмин – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 176 с.
5. Доклад Генерального директора «Авария на АЭС «Фукусимадайти» // IAEA Международное агентство по атомной энергии. – Вена, 2014 – 278с.
6. Куликов, Н.В. Радиоэкология пресноводных биосистем / Н.В. Куликов, М.Я.

Чеботина – Свердловск: УрО АН СССР, 1998. – 130 с.

7. МВК 1.5.5-09. Методика выполнения контроля донных отложений в водных объектах окружающей среды в районах расположения атомных станций с применением пробоотбора. – Москва, 2009.

8. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2020 году / Под ред. В.М. Шершаков, В.Г. Булгаков, И.И. Крышев, С.М. Вакуловский, М.Н. Каткова, А.И. Крышев. Ежегодник. Обнинск: НПО «Тайфун», 2021. – 330 с.

**Авторы:**

Студент **Шенцева М.С.**

НИУ «СФ МЭИ»

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

Телефон: +7-993-564-40-68

E-mail: [margaritashentseva92@mail.ru](mailto:margaritashentseva92@mail.ru)

Студент **Моликов П.А.**

НИУ «СФ МЭИ»

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

Телефон: +7-908-288-06-88

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

Ст. преподаватель **Коротких А.А.**

НИУ «СФ МЭИ»

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

Телефон: 8-908-288-21-88

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

# РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПАРКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

*А.К. Шералиев*

Таджикский технический Университет имени академик М.С.Осими

*С.Ш. Миррахматов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В настоящее время рационализация международных перевозок пассажиров связана с рационализацией структуры парка воздушных судов и их соответствия требованиям международного предпринимательства и международных перевозок.

**Ключевые слова:** парк воздушных судов, маршрут, перевозка, пассажир.

Устаревший парк и возрастающие повышенные требования к летно-техническим характеристикам выступают основой для моделирования и рационализации структуры необходимого парка воздушных судов (ВС).

Основная задача заключается в том, чтобы выявить нужное количество воздушных судов, которые обеспечивали бы выполнение объема пассажирских авиаперевозок в установленный срок, выявить экономически эффективный тип воздушного судна для каждого маршрута. Решение поставленной задачи позволит выявить какой тип ВС наиболее выгоден на конкретном маршруте в процессе авиапассажирских перевозок, и кроме того, какое их количество необходимо при перевозке авиапассажиров на конкретном маршруте.

Предложенная методология и программная реализация модели позволит выявить нужную структуру парка ВС при перевозках из пункта А авиапассажиров по N маршрутам. Методология позволяет учесть закономерность влияния лётно-технических характеристик режима эксплуатации на эффективность ВС.

По своей структуре математическая модель процесса пассажирских авиаперевозок включает формирование отдельных характеристик ВС, опираясь на учет требований эффективной их эксплуатации, в частности:

1. При модели режимных характеристик (РХ) воздушного сообщения - учитывают скорость, высоту, дальность полета.

2. При модели конструктивно-геометрических характеристик (КГХ) - учитывается удлинение (фюзеляжа, крыла), относительную толщину крыла, удельное давление на крыло.

3. При модели массовых характеристик (МХ) – учитывают взлетную массу и все компоненты.

4. При модели энергетических характеристик (ЭХ) – учитывают расход топлива, тягу двигателя, вес двигателя, диаметр двигателя.

5. При модели технологических характеристик (ТХ) - параметр оценки воздушной линии (годовой пассажирооборот и расходы), параметр оценки пассажирского ВС -расход на 1 пассажирокилометр.

Задача формирования структуры необходимого парка ВС компании в постановке, когда требуется свести к минимуму производственные издержки для максимизации прибыльности ВС в процессе пассажирских авиаперевозок, которая способствует выполнению заданного графика воздушных перевозок, т.е.

$$Z = \sum_i^n \sum_j^m C_{ij} X_{ij} \text{ --- min,} \quad (1)$$

где  $C_{ij}$  – производственные расходы на  $i$ -ом маршруте  $j$ -типа ВС;  $X_{ij}$  – количество  $i$ -го типа ВС на  $j$ -ом маршруте.

Нужное количество ВС в парке компаний рассчитывается исходя из условия, что пассажирские авиаперевозки осуществляются в полном объеме и в установленный срок. Количество ВС ( $N$ ), необходимое компании для выполнения пассажирских перевозок определяется по формуле:

$$N = Q_{ij} / (A_{ij} \times T_{ij}), \quad (2)$$

где:  $Q_{ij}$  – объем выполняемой перевозочной работы за период;  $A_{ij}$  – производительность ВС  $i$  – го типа на  $j$  – том маршруте, пасс.км/час;  $T_{ij}$  – налет часов за период, т.е. общее количество часов на маршруте.

Авиакомпания «Таджик Эйр» в настоящее время владеет воздушными судами типа В 757-200 – одна единица, В737-522 – 2 ЛА, один самолет типа В737-3L9, и 2 самолета Ту- 154 М. В целях выполнения внутренних пассажирских авиаперевозок по одному самолету типа МА-60, Ан-24 РВ, Ан-26Б-100, Як-40 и две единицы Ан-28.

Результаты определения структуры необходимого парка ВС для авиакомпании «Таджик Эйр» на международном рынке пассажирских авиаперевозок для обеспечения паритета перевозок по сегментам рынка в целом необходимо приобретение 0,84 единиц, или одно воздушное судно типа В737-522.

Авиакомпания «Сомон Эйр» в своем парке имеет 6 самолетов типа В 737. Авиакомпания «Сомон Эйр» необходимо еще приобрести один тип В 737 самолёта, для обеспечения паритета в международных перевозках пассажиров в международной маршрутной сети авиакомпании.

Итоги проведенного анализа свидетельствуют, что предложенный итеративный подход к оптимизации парка ВС авиакомпаний Таджикистана дает новые возможности для решения задач по осуществлению перевозок пассажиров по маршрутной сети компаний.

Предложенная модель по своей структуре аналогична фактическому процессу пассажирских авиаперевозок, где в качестве основополагающих выступают параметры ВС (его производительность) и параметры пассажиропотока по конкретному маршруту. Реализация процесса оптимизации основана на том, что обеспечивается достижение критерия оценки устойчивости компании с учетом поставленной цели, на базе учета ее внутреннего потенциала и условий внешней среды.

Для реализации полученного эффекта от расширения масштаба деятельности компаний, целесообразно использовать такие интеграционные формы деятельности авиакомпаний как создание различных альянсов, которые учитывают характеристики интегративной перевозочной деятельности компаний.

В основу оптимизации сети аэропортов, деятельность которых направлена на обслуживание международных пассажирских авиаперевозок, надо заложить принцип 3-уровневого структурирования рынка воздушных авиаперевозок. На 1-ом уровне формируется опорная сеть аэропортов, которая обслуживает основные сетевые компании по международным маршрутам, включающие города Душанбе, Худжанд, Куляб и Курган-тюбе. В составе опорной сети предварительно формируется крупный транспортный пересадочный узел в другой стране.

На 2-ом уровне опорная сеть расширится с учетом потенциальных возможностей авиакластера на территории стран соглашения. На 3-ем - уже создается сеть аэропортов, которая обслуживает авиаперевозки, а также строится сеть аэропортов, где кончается воздушное сообщение. В сети международных аэропортов предусматривается возможность доставки пассажиров в крупные аэропорты пересадки по код-шеринговому соглашению.

Сетевая задача рассматривается для маршрутов с узловыми внутренними и внешними аэропортами. На 1-м этапе анализируются сегменты, транспортные корреспонденции между местными и международными аэропортами, а также между узловыми и вспомогательными аэропортами в городах других странах. На 2-ом - разрабатываются сценарии маршрутной сети международных пассажирских авиаперевозок, удовлетворяющие критерию:

$$(t_{ckj} + t_{нкj})\Pi_{kj} + t_{oi}x_{pi} + t_{0l}x_{pl} \min, \quad (3)$$

$$k=1; j=1; i=1; l=1$$

где  $k = 1, \dots, N$  – пункты начала корреспонденций;  $j = 1, \dots, n$  – пункты окончания передвижения пассажиров;  $t_{ckj}$  и  $t_{нкj}$  – затраты времени пассажиров на полете по маршруту и пересадке в узловом аэропорту;  $\Pi_{kj}$  – количество пассажиров, выполняющих пересадку в узловом аэропорту;  $M$  – условный номер маршрута;  $t_{oi}$  – время ожидания стыковочного рейса пассажиром при проезде по маршруту номер  $i$ ;  $p_i$  – количество пассажиров, пользующихся маршрутом номер  $i$ ;  $l=1, \dots, l_0$  – совмещенные участки маршрутов сети (по которым проходят два или более маршрутов);  $t_{0l}$  – время ожидания рейса пассажиром при поездке в пределах совмещенного участка;  $p_l$  – количество пассажиров, пользующихся маршрутами в пределах совмещенного участка  $l$ .

В ходе процесса оптимизации по предлагаемой модели устанавливаются ограничения на использование в расчетах по заданным маршрутам, их длина, объем перевозок на каждом маршруте, частота рейсов. Опираясь на эту модель, нами были проанализированы особенности построения сети маршрутов с крупными узлами-хабами, определены их преимущества: рост и расширение сегментов рынка авиаперевозок за счет

транзитных потоков и региональных перевозок; получение возможных синергетических эффектов.

Одним из факторов, оптимизирующим сеть маршрута, нами была определена необходимость усиления регулирующей функции государства, то есть, международное значение узловых аэропортов; участие государства в финансировании развития аэропортов; координация компаний при выделении слотов на использование аэропортов.

Слабым звеном авиатранспорта выступает сеть аэропортов. Основным недостатком связан с несовершенством управления аэропортовым комплексом, так как согласно требованиям к их функционированию, необходимо образование самостоятельных специализированных структур аутсорсинга по наземному обслуживанию воздушных судов, пассажиров и грузов<sup>1</sup>. Проводимая в этом направлении реструктуризация должна сочетаться с процессом консолидации деятельности международных аэропортов Таджикистана путем объединения аэропортов под управлением единого оператора, а также укрупнения аутсорсинговых компаний в рамках одного или нескольких международных аэропортов Душанбе или/и Худжанда. При этом возможна вариантность форм интеграции, учитывающая специфику местных аэропортов, а также организацию управляющей компании. При такой модели организации рынка воздушных перевозок необходимо обоснование рациональной структуры и специализации компаний. За критерий оптимизации структуры компаний принимается обобщающий показатель их конкурентоспособности по сегментам рынка на основе оценки устойчивости компаний<sup>2</sup>:

$$КС_{AK} = \sum_{S=1}^n C_s \times K_{ur.s} , \quad (4)$$

где  $n$  – количество сегментов рынка, на которых функционирует авиакомпания;  $C_s$  – весовой коэффициент, представляющий отношение объема перевозок, выполняемого компанией на сегменте рынка « $s$ » к величине общего объема выполняемой на нем транспортной работы.

Коэффициент устойчивости компании на сегменте рынка определяется:

$$K_{ur.s} = Q_{sa} / Q_{sv} \quad (5)$$

где:  $Q_{sa}$  – объем перевозок, выполняемый исследуемой компанией на определенном сегменте рынка;  $Q_{sv}$  – объем перевозок, выполняемый компанией, которая занимает ведущее положение на данном сегменте рынка.

На базе данных о работе компаний по отдельным сегментам рынка международных авиапассажирских перевозок Таджикистана, приведенных в Приложении, мы попытались рассчитать показатель конкурентоспособности национальных компаний на международном рынке авиапассажирских перевозок Таджикистана за 2016г. (табл. 1).

<sup>1</sup> Брайан Хейвуд Дж. Аутсорсинг: в поисках конкурентных преимуществ. Пер. с англ./Хейвуд Дж. Брайан. М.: Вильямс, 2002. – 186 с.

<sup>2</sup> Цветков В. А., Зоидов К. Х., Медков А. А. Формирование эволюционной модели транспортно – транзитной системы России в условиях интеграции и глобализации / В.А Цветков, К.М. Зоидов, А.А. Медков. -Нестор - История, Москва -Санкт – Петербург, 2014. – 800 с.

Данные табл. 1. показывают, что авиакомпания «Таджик Эйр» имеет низкие показатели конкурентоспособности на всех сегментах международного рынка авиаперевозок. Конкурентоспособность этой авиакомпании в сегменте «Дальнего зарубежья» составляет 0,07, сегменте «Россия» – 0,11 и сегменте «Другие страны СНГ» - 0,14. Компания получила, хотя и относительно низкое преимущество в сегменте «Другие страны СНГ», тем не менее ее модель организации рынка воздушных перевозок в целом требует совершенствования структуры парка ВС и специализации авиакомпании в определенном сегменте рынка, в пределах оптимальных границ географического рынка пассажирских авиаперевозок. Учитывая недостаточный уровень конкурентоспособности авиакомпании «Таджик Эйр», Лидер нации, Президент Республики Таджикистан в очередном Послании Маджлиси Оли Республики Таджикистан 2017 года, дал поручение соответствующим министерствам и ведомствам об освобождении от уплаты НДС и таможенных пошлин на импорт ВС и другого оборудования для этой авиакомпании.

Таблица 1

Конкурентоспособность национальных авиакомпаний на международном квазиконкурентном рынке пассажирских авиаперевозок Республики Таджикистан за 2016 год

Авиакомпания на рынке	Коэффициент устойчивости $K_{ur.s} = Q_{sa} / Q_{sv}$	$C_s$ – весовой коэффициент	Конкурентоспособность $K_{CAK} = \sum_{S=1}^n C_S \times K_{ur.s}$
<b>«Таджик Эйр» на рынке:</b>			
- России	0,63	0,17	0,11
- другие страны СНГ	0,69	0,19	0,14
- Дальнего Зарубежья	0,60	0,11	0,07
<b>Итого конкурентоспособность</b>	-	-	<b>0,32</b>
<b>«Сомон Эйр» на рынке:</b>			
- России	1,06	0,28	0,30
- другие страны СНГ	1,38	0,39	0,54
- Дальнего Зарубежья	1,91	0,33	0,63
<b>Итого конкурентоспособность</b>	-	-	<b>1,47</b>

В целом, анализ работы авиакомпаний на рынке международных пассажирских авиаперевозок показывает на необходимость совершенствования работы авиакомпаний и связанных с ними монопольных структур инфраструктурного обеспечения перевозок, путем передачи инновационных организационных форм и перевозочных технологий в отрасли воздушного транспорта Республики Таджикистан.

**Выводы.** Анализ теоретических основ функционирования и развития системы пассажирских воздушных перевозок показал, что в этой системе, также как и в других отраслях экономики, проявляются те тенденции

функционирования и развития, которые характерны в условиях переходной, трансформационной экономики в целом.

### **Литература**

1. Брайан Хейвуд Дж. Аутсорсинг: в поисках конкурентных преимуществ . Пер. с англ./Хейвуд Дж. Брайан. М.: Вильямс, 2002. – 186 с.
2. Цветков В. А., Зоидов К. Х., Медков А. А. Формирование эволюционной модели транспортно – транзитной системы России в условиях интеграции и глобализации / В.А Цветков, К.М. Зоидов, А.А. Медков. -Нестор - История, Москва -Санкт – Петербург, 2014. – 800 с.
3. Шералиев А.К. Совершенствование механизма организации перевозок пассажиров на воздушном транспорте (на материалах Республики Таджикистан) // Диссертация. Душанбе - 2019 г. 198 стр.

### **Авторы:**

к.э.н., ассистент **Шералиев А. К.**  
ТТУ имени академик М.С.Осими  
734042, Душанбе, проспект Раджабовых 10 А.  
E-mail: [sher85.85@list.ru](mailto:sher85.85@list.ru)

к.т.н., доцент **Миррахматов С.Ш.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
E-mail: [mirrahmatov61@mail.ru](mailto:mirrahmatov61@mail.ru)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ ПОЛЁТОВ С ОТЛОЖЕННЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

*Д.С. Гафурзода, Г.Г. Якубов*

Таджикский технический Университет имени академик М.С.Осими

Решение проблем поддержания лётной годности (ПЛГ) воздушных судов (ВС) и обеспечения безопасности полётов (БП) является стратегическим направлением развития сферы авиационных услуг в мире. Лётная годность ВС поддерживается на этапе его эксплуатации в рамках активно внедряемой авиакомпаниями мировых авиационных держав системы управления безопасностью полётов (СУБП).

**Ключевые слова:** воздушных судов, поддержание и сохранение лётной годности.

Построение Методики оценки надёжности функциональной системы (ФС) ВС проводится с учётом, прежде всего, особенностей, продиктованных сформулированными выше требованиями к Программе безопасного выполнения полётов с отложенными повреждениями, и, в конечном счёте, направлено на формирование научно обоснованного Минимального Перечня оборудования МПО – MEL ВС, эксплуатируемых в условиях Республики Таджикистан.

Объектом моделирования является эксплуатационная надёжность (безотказность) ФС и их изделий конкретного типа ВС.

Все возможные отказы можно разделить на две группы:

- явные для лётного экипажа при выполнении им своих обычных рабочих обязанностей;

- скрытые (неявные), то есть не выявляемые экипажем в полёте.

Все скрытые отказы должны своевременно выявляться и устраняться.

Методы выявления скрытых отказов могут включать:

- использование систем контроля и предупреждения об отказах;

- проведение плановых работ по техническому обслуживанию (ТО), то есть проверок работоспособности или неисправности подсистем и компонентов, которые включаются в указания по ПЛГ (Instructions for continuing airworthiness - ICA).

Что касается явных отказов, то в принципе любой единичный опасный отказ должен быть исключён, либо, при наличии конструктивных ограничений, вероятность такого отказа должна находиться в пределах норм лётной годности, предусматривающих:

- приемлемую вероятность отказа;

- системы предупреждения и поддержки экипажа;

- наличие указаний по эксплуатации, включаемых в руководство, регламентирующее лётную эксплуатацию (Aircraft flight manual - AFM), и другие документы по эксплуатации ВС;

- проведение плановых проверок исправности (предотказного состояния), если они возможны и эффективны, путем включения в ИСА таких работ.

Явные отказы резервированных компонентов обычно не влияют на безопасность полётов, и работа с ними может строиться так же, как со скрытыми отказами, т.е. должны определяться плановые восстановительные работы и периодичность их выполнения. Эти работы имеют ту же физическую природу, что и работы по ТО, включенные в ИСА, но они образуют отдельный ЭД, известный как Типовой Минимальный Перечень оборудования (Master minimum equipment list - MMEL). Причина сходной природы скрытых и безопасных явных отказов резервированных систем связана с общностью в политике их восстановления. Для скрытых отказов период восстановления равен периодичности плановых проверок системы при ТО с последующим устранением отказов. Для явных же отказов эта периодичность равна разрешенному MMEL времени полётов с отказавшим компонентом.

Принципы ПЛГ ВС, основываясь на рассмотренную выше общую характеристику отказов компонентов ФС, состоят в следующем:

- включение в перечни MMEL/ MEL опасных явных «единичных» отказов, неопасных явных и скрытых отказов резервированных компонентов ФС с приемлемой вероятностью отказов, при этом осуществляется плановый контроль в процессе ТО;

- наличие систем сигнализации и поддержки экипажа, при этом должна обеспечиваться приемлемая вероятность отказа с учётом полетов по перечню MEL и приемлемая вероятность с учётом периодичности контроля при ТО;

- осуществление планового контроля исправности (предотказового состояния);

- использование полётных данных для выявления отказа;

- плановый контроль работоспособности резервированных компонентов ФС для обеспечения безопасности полётов.

Указанные принципы ПЛГ позволяют перейти к созданию методической базы и построению процедуры оценки надёжности ФС для выполнения полётов с отложенными повреждениями.

Исходная информация включает:

- принципиальную схему ФС и описание её работы;

- перечень компонентов ФС;

- статистическую базу по отказам и повреждениям компонентов ФС, накопленную по результатам длительных эксплуатационных наблюдений по парку ВС данного типа в условия РТ;

- расчётные значения вероятности безотказной работы компонентов ФС и динамику её изменения по наработке.

Для решения задачи используется классический метод структурных схем. Отображение структурных схем для оценки надёжности ФС позволяет

выявить совокупность тех видов отказов, которые могут существенно влиять на безопасность полётов.

Структурная схема должна представлять собой последовательно и параллельно соединенные элементы, каждый из которых представляет собой компонент (изделие, агрегат) ФС и соответствует описанию работы конкретной реальной ФС ВС данного типа.

Важным и обязательным этапом процедуры является определение показателя безотказности  $P(t)$  – вероятности безотказной работы ФС в течение наработки  $t$ .

Анализ и оценка безотказности ФС с помощью предлагаемой модели предусматривает поэтапное решение следующих задач:

- оценка безотказности каждого из компонентов ФС;
- оценка степени влияния отказа каждого из компонентов ФС на безопасность полётов;
- оценка безотказности ФС в целом.

Процедура предусматривает возможность анализа и оценки безотказности ФС для любых, наперёд заданных, значений наработки, например, на период эксплуатации ВС до отработки межремонтного ресурса.

Таким образом, обеспечивается возможность определения и прогнозирования приемлемых значений вероятности отказов каждого из компонентов анализируемых систем с учётом требований по ПЛГ ВС и принципов формирования Минимального Перечня оборудования МПО – MEL.

Расчётные формулы для оценки безотказности отдельных звеньев (блоков) структурной схемы имеют следующий вид:

$$\text{при последовательном соединении} \quad P(t) = \prod_{i=1}^m P_i(t); \quad (1)$$

$$\text{при параллельном соединении} \quad P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i(t)), \quad (2)$$

где  $P(t)$  – вероятность безотказной работы блока компонентов ФС;  
 $P_i(t)$  – вероятность безотказной работы компонента в блоке ФС;  
 $t$  – наработка, при которой анализируется безотказность;  
 $m, n$  – количество компонентов ФС, соединенных последовательно и параллельно, соответственно.

Требования к процедурам формирования Основных Перечней MMEL, предъявляемые FAA и EASA и реализуемые применительно к своим типам ВС фирмами AIRBUS, BOEING, а также КБ им. С.В. Ильюшина, им. А.Н. Туполева, им. А.С. Яковлева предусматривают обязательное проведение качественного и количественного анализа видов и последствий отказов и повреждений ФС ВС.

Использование предлагаемой Методики позволяет реализовать данные методы анализа при решении задач формирования МПО MEL ВС, эксплуатируемых в А/К «Таджик Эйр» РТ.

Корректность решения задачи в этом случае определяется полнотой и достоверностью исходной статистической информации по отказам и повреждениям компонентов, исследуемых ФС ВС. Необходимо иметь в виду, что статистические данные, отражающие реальные условия эксплуатации парка ВС, их ФС и компонентов, как правило, отличаются значительным разбросом, обусловленным случайным характером изменения этих условий.

Представительность статистической информации об отказах и повреждениях компонентов ФС должна быть достаточной по объёму и составу с тем, чтобы была возможность учесть в максимальной степени случайный характер влияния на ВС и его ФС и компоненты широкого спектра различных случайных эксплуатационных факторов.

Объемы наблюдений в течение конкретного периода являются случайными выборками с привлечением методов теории оценивания, при этом процедуры оценок должны обладать свойствами, изложенными в работе.

В соответствии с предлагаемой моделью оценки безотказности компонентов ФС целесообразно проводить её с учётом вида законов распределения наработки до появления отказов. Так, для экспоненциального закона

$$P_i(t) = e^{(-\omega_0 \cdot t)} \quad (3)$$

$$\text{или } P_i(t) = e^{(-K_{1000}/1000 \cdot t)}, \quad (4)$$

где  $P_i(t)$  - вероятность безотказной работы элементов ФС при наработке  $t$ ;  
 $\omega_0$  - параметр потока отказов;  
 $K_{1000}$  – количество отказов на 1000 ч налёта.

Таким образом, в данном случае необходимый объём и состав статистической информации по безотказности компонентов ФС ВС определяется из условий обеспечения наиболее точной оценки показателей  $\omega_0$  или  $K_{1000}$ . При эксплуатации парка ВС в количестве  $N$  ед. и налёте каждого из них  $T$ , а также с учетом количества однотипных комплектующих изделий, а на одном борту суммарная наработка эксплуатируемых изделий составит  $N \cdot T_a$ .

Расчетная формула для определения объема наблюдений приобретает вид

$$N_a \geq 1/(\omega \cdot T) (U^{(1-\gamma)/\delta})^2 \quad (5)$$

или

$$N_a \geq 1/(K_{1000} \cdot T) (U^{(1-\gamma)/\delta})^2 \quad (6)$$

Для систематизации состава информации следует использовать данные, содержащиеся в карточках учёта повреждений АТ (КУНАТ), рекламационных актах, отчетах и актах по результатам исследований изделий, досрочно снятых с эксплуатации, и др. При этом необходимо

использовать автоматизированные системы типа НАТ–2 и др., в которых накапливается база данных об отказах и повреждениях АТ за определенные календарные периоды.

**Выводы.** На основе анализа действующей зарубежной и российской нормативной базы по поддержанию лётной годности воздушных судов дана общая характеристика состояния ГА в Республике Таджикистан и выявлены основные недостатки, причины и следствия несовершенства системы поддержания лётной годности парка воздушных судов, эксплуатируемых А/К РТ.

### **Литература**

1. Чинючин, Ю. М. Формирование Минимальных перечней оборудования воздушных судов, обеспечивающего безопасные и регулярные полеты [Текст] / Ю. М. Чинючин, Н. Н. Смирнов, В. С. Кирдюшкин, Д. С. Гафуров // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 205. – С. 10–15.

2. Гафуров Д. С. Методы совершенствования системы поддержания лётной годности воздушных судов в условиях Республики Таджикистан с учётом международных требований по обеспечению безопасности полётов// Диссертация. Москва 2016г. 153 стр.

### **Авторы:**

к.т.н. доцент **Гафурзода Д.С.**  
ТТУ имени академик М.С.Осими  
734042, Душанбе, проспект Раджабовых 10 А.  
E-mail: maximus\_509716@mail.ru

к.т.н. ассистент **Якубов Г.Г.**  
ТТУ имени академик М.С.Осими  
734042, Душанбе, проспект Раджабовых 10 А.

# ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗДАНИЯ У СТУДЕНТОВ

*М.Б.Иноятов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

Чтобы конструктивно оценить создавшиеся экологические проблемы и последствия возможных ошибок при их решении, необходим целый комплекс знаний, определенный уровень экологического образования и большой объем информации об окружающей среде с учетом последних научных достижений и требований времени.

Из-за дефицита информации у преподавателей учебного заведения нет возможности донести до широких масс студентов полную информацию о состоянии окружающей среды. Информация студенческой молодёжи должна включать весь комплекс сведений о государственной политике в области экологии, её стратегии и проблемах.

Центральная задача педагогов ВУЗ – ов состоит в том, чтобы показать, каким образом отдельный гражданин может участвовать в решении проблем охраны окружающей среды, как в настоящее время, так и в будущем, не только на словах, но его конкретных делах, занять прочное место в сердцах и умах каждого студента.

Для достижения этой задачи нужны организационные, образовательные и воспитательные программы в области теории и практики, сознательное отношение отношения к окружающей среды. Общественная активность, соблюдение правовых норм, научно – обоснованное отношение к природе, как в сфере исследований, так и в обучении отдельным дисциплинам. Этими вопросами и должны заниматься в высших учебных заведениях.

При ориентации на перспективные экологические исследования особое значение придаётся научно-теоретическим проблемам развития экологических дисциплин и педагогическим вопросам их внедрения в учебный процесс. Также, междисциплинарная организация экологических проблем в рамках ВУЗ – а связана, конечно, с солидным обучением и исследованием экологии в более узком плане. Внимание к проблемам окружающей среде в научных исследованиях и обучении оказывается необходимым. Экология как социально – техническая дисциплина должна стать частью содержания обучения инженеров, экономистов, обществоведов и технологов.

Исходя из долгосрочных целей и использования существующих возможностей считаем, что все студенты ВУЗ – ов и специалисты при повышении квалификации должны систематически получать экологический минимум.

**Выводы.** Среди неотложных мер следует указать следующие:

1. Организация факультативных курсов и повышение квалификации всех преподавателей ВУЗов по основным проблемам экологии;

2. Учёт экологических обстоятельств при проведении различных работ;
3. Формирование кадров для проведения специфических исследований.

**Автор:**

к.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика», **Иноятов М.Б.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (904) 31-11-11

E-mail: [inoyatov\\_39@mail.ru](mailto:inoyatov_39@mail.ru)

## СЕКЦИЯ 5. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

### ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕШЕНИЯ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ К-ТОГО ПОРЯДКА

*М. Гадозода, О.К. Кодиров*

ТТУ имени академика М. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

В данной работе исследуется дифференциальное уравнение в частных производных к-того порядка с постоянными коэффициентами. С помощью, переопределенной системы уравнений решения рассматриваемого уравнения представлено в простом классе.

**Ключевые слова:** дифференциальное уравнение, частные производные, дифференциальные операторы, операторное уравнение, начальные условия, переопределенная система, уравнения согласования.

Данная работа посвящена исследованию одного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами в частных производных к-того порядка вида:

$$\left(\frac{\partial^3 u}{\partial t^3} + p \frac{\partial u}{\partial t}\right)^n = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial^k u}{\partial x_j^k} + p_j \frac{\partial^{k-1} u}{\partial x_j^{k-1}}\right)^n, \quad (1)$$

где  $m, n$  ( $m, n > 1$ ) - натуральные числа,  $t \geq t_0 > 0$ ,  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^m$ ,  $p \neq 0$ ,  $p_j \neq 0$  ( $j = \overline{1, m}$ ) - действительные числа,  $u(t, \bar{x})$  - искомая функция.

В работах профессора Юнуси М.К. [1, 2] были изучены операторные уравнения вида:

$$(Lu)^n = \sum_{j=1}^m (L_j u)^n, \quad (2)$$

Откуда при заданных дифференциальных операторах:

$$L = \frac{\partial^3}{\partial t^3} + p \frac{\partial}{\partial t} \quad \text{и} \quad L_j = \frac{\partial^k}{\partial x_j^k} + p_j \frac{\partial^{k-1}}{\partial x_j^{k-1}} \quad (j = \overline{1, m})$$

получаем рассматриваемое уравнение (1).

Для нахождения частных решений уравнения (1), присоединим к уравнению начальные условия:

$$\frac{\partial^{i-1} u}{\partial t^{i-1}}(0, \bar{x}) = u_{0i}, \quad (i = 1, 2, 3) \quad (3)$$

С помощью, вспомогательной переопределенной системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial^3 u}{\partial t^3} + p \frac{\partial u}{\partial t} = C, \\ \frac{\partial^k u}{\partial x_j^k} + p_j \frac{\partial^{k-1} u}{\partial x_j^{k-1}} = C_j, \end{cases} \quad (j = \overline{1, m}) \quad (4)$$

находим решения рассмотренного уравнения (1) в простом классе. В этой системе уравнений  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) являются произвольные действительные числа, являющиеся решением уравнения согласования:

$$\sum_{j=1}^m C_j^n = C^n. \quad (5)$$

Находим решение переопределенной системы уравнений (4), которое является общим решением рассматриваемого уравнения (1) в простом классе.

Пусть  $p > 0, p_j > 0$ , тогда решение представляется в виде:

$$u(t, \bar{x}) = \left\{ A_0 + A_1 \cos \sqrt{p}(t - t_0) + A_2 \sin \sqrt{p}(t - t_0) + \frac{C}{p}(t - t_0) \right\} \prod_{j=1}^m \left\{ 1 + \frac{x_j - x_{0j}}{1!} + \frac{(x_j - x_{0j})^2}{2!} + \dots + \frac{(x_j - x_{0j})^{k-1}}{(k-1)!} + \exp[-p_j(x_j - x_{0j})] + \frac{C_j}{k!}(x_j - x_{0j})^k \right\}, \quad (6)$$

где коэффициенты определяются формулами:

$$\begin{cases} A_0 = \frac{pu_{01} + u_{03}}{p \cdot 2^m}, \\ A_1 = -\frac{u_{03}}{p \cdot 2^m}, \\ A_2 = \frac{pu_{02} - C \cdot 2^m}{p\sqrt{p} \cdot 2^m}. \end{cases} \quad (7)$$

Пусть  $p < 0, p_j < 0$ , тогда решение представляется в виде:

$$u(t, \bar{x}) = \left\{ B_0 + B_1 \exp[\sqrt{|p|}(t - t_0)] + B_2 \exp[-\sqrt{|p|}(t - t_0)] + \frac{C}{|p|}(t - t_0) \right\} \prod_{j=1}^m \left\{ 1 + \frac{x_j - x_{0j}}{1!} + \frac{(x_j - x_{0j})^2}{2!} + \dots + \frac{(x_j - x_{0j})^{k-1}}{(k-1)!} + \exp[\sqrt{|p_j|}(x_j - x_{0j})] + \exp[-\sqrt{|p_j|}(x_j - x_{0j})] + \frac{C_j}{k!}(x_j - x_{0j})^k \right\}, \quad (8)$$

где коэффициенты представляются формулами:

$$\begin{cases} B_0 = \frac{|p|u_{01} - u_{03}}{|p| \cdot 2^m}, \\ B_1 = \frac{|p|u_{02} - C \cdot 2^m + \sqrt{|p|}u_{03}}{|p|\sqrt{|p|} \cdot 2^{m+1}}, \\ B_2 = \frac{\sqrt{|p|}u_{03} - |p|u_{02} + C \cdot 2^m}{|p|\sqrt{|p|} \cdot 2^{m+1}}. \end{cases} \quad (9)$$

Имеет место следующая теорема:

**Теорема.** Пусть действительные числа  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) являются решением уравнения согласования (5). Тогда решение задачи Коши для уравнение (1) в простом классе, при начальных условиях (3), представляются в видах (6) и (8), где коэффициенты определяются формулами (7) и (9).

## Литература

2. Юнуси М.К. Об одном классе модельных уравнений с экстремальным свойством / М.К. Юнуси // Вестник национального университета, 2004, серия математика, № 1, с.128-135
3. Юнуси М. Теорема о представлении сложных объектов описываемых дифференцированными уравнениями полиномами. / М.К. Юнуси // Вестник ТНУ, 2013, (серия естественных наук) № 1(102), с.3-12.
4. Кодиров О.К. Об одном классе дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка, / Гадозода М, Кодиров О.К. // Вестник национального университета (серия естественных наук). №1 (49) Душанбе, 2009 г., стр. 49-53.
5. Кодиров О.К. Представления решений одного класса дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка. / Гадозода М, Кодиров О.К. // Вестник технического университета №4. 2009 г., стр. 5-7.
6. Гадозода М. О представления решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка. / Гадозода М. // Вестник технического университета №3/15. 2011 г., стр. 5-8.

### Авторы:

к.ф.-м.н., доцент **Гадозода М.**

ТГУ им. ак. М. Осими

734042, г. Душанбе,

Проспект академиков Раджабовых, 10

Телефон/факс +992 988 43 71 75

Email: [gadozoda51@mail.ru](mailto:gadozoda51@mail.ru)

к.ф.-м.н., старший преподаватель **Кодиров О.К.**

ТГУ им. ак. М. Осими

734042, г. Душанбе,

Проспект академиков Раджабовых, 10

Телефон/факс +992 93 410 57 66

# ТЕПЛООБМЕН ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В ТРУБЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

*Ш.Ш. Самаров*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В данной работе исследуется процесс конвективного теплообмена при нестационарном режиме и постоянной скорости в сечении потока. Найдено поле температуры при стержневом течении в прямой призматической трубе эллиптического поперечного сечения.

**Ключевые слова:** ламинарное течение, температура, температурное поле, теплопроводность, конвективно-кондуктивный теплоперенос, уравнение переноса энергии, избыточная температура, собственное значение.

Исследование закономерностей теплообмена при вынужденном ламинарном течении жидкости в трубах «неклассического» сечений имеет большое практическое значение для многих отраслей промышленности и энергетики (в частности в различных теплообменниках).

Предположим, что физические свойства жидкости не зависят от температуры, гидродинамика течения на обогреваемой части трубы (канала) стабилизирована, теплопроводность жидкости вдоль оси канала по сравнению с конвективным переносом тепла незначительна. Тогда при вынужденном ламинарном течении вязкой несжимаемой жидкости в прямолинейном канале  $(-\infty \leq x < \infty)$  с поперечным сечением  $G(y, z \in G)$  нестационарное температурное поле описывается уравнением конвективно-кондуктивного переноса энергии:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial Fo} + W(Y, Z) \frac{\partial T}{\partial X} = \nabla^2 T + \dot{Q}(X, Y, Z, Fo), \quad (1)$$

где  $W(Y, Z) = \frac{w}{w_{cp}}$ ,  $w(y, z)$ ,  $w_{cp}$  - локальная и средняя скорость жидкости,

$\dot{Q}(X, Y, Z, Fo)$  включает функции диссипации энергии и другие внутренние источники тепловыделения,  $Fo = \frac{at}{R_s^2}$ ,  $t$  - время,  $R_s$  - эквивалентный радиус)

$Y = \frac{y}{R_s}$ ,  $Z = \frac{z}{R_s}$ ,  $X = \frac{2x}{R_s} \cdot \frac{1}{\text{Re} \cdot \text{Pr}}$ , ( $y, z$  - координаты в плоскости поперечного сечения), т.е.  $y, z \in G$ ,  $x$  - горизонтальная координата вдоль оси канала.

Решение уравнения (1) при начальных и граничных условиях:

$$T(X, Y, Z, 0) = f(x, y, z), \quad (2)$$

$$T(0, Y, Z, Fo) = \varphi_o(Fo), \quad T(X, Y, Z, Fo)|_{\Gamma} = \psi(X, Fo), \quad (3)$$

где  $\Gamma$  - граница области,

основанное на совместное применение интегрального преобразования Лапласа-Карсона и ортогонального метода Бубнова-Галеркина.

Известно, что для определенных классов функций  $f(x, y, z)$ ,  $\varphi(Fo)$ ,  $\psi(X, Fo)$  решения уравнения (1) единственным образом определяются условиями (2) и (3). Однако, определение этих решений в большинстве случаев представляет довольно сложную задачу и в настоящее время известны решения в основном для каналов с классическими профилями поперечного сечения (круглая труба, щелевой канал).

Приближенное решение краевых задач, основанное на совместном применении интегрального преобразования Лапласа-Карсона и ортогонального метода Бубнова-Галеркина, является более простым и эффективным. Положим:

$$\bar{T}^*(s, Y, Z, p) = sp \iint_D T(X, Y, Z, Fo) \exp(-sp - pY) dX dFo,$$

где  $D(0 < X < \infty, 0 < Fo < \infty)$ . Тогда, после применения интегрального преобразования Лапласа-Карсона [1] по произвольной координате  $X$  и временной координате  $Fo$ , к уравнению (1) и условиям (2), (3) краевая задача преобразуется к виду:

$$\nabla^2 \bar{T}^* - [p + sW(Y, Z)] \bar{T}^* + p \bar{f}(s, Y, Z) + sW(Y, Z) \varphi^*(p) + \bar{Q}(s, Y, Z, p) = 0, \quad (4)$$

$$\left[ \bar{T}^*(s, Y, Z, p) \right]_{\Gamma} = \bar{\varphi}^*(s, p), \quad (5)$$

Где:

$$\bar{f}(s, Y, Z) = s \int_0^{\infty} f(X, Y, Z) \exp(-sX) dX,$$

$$\bar{Q}(s, Y, Z, p) \longrightarrow \dot{Q}(X, Y, Z, Fo), \quad \varphi_0^*(p) = p \int_0^{\infty} \varphi_0(Fo) \exp(-pFo) dFo.$$

Определив точное или приближенное решение граничной задачи (4), (5) и применяя к полученному выражению обратное интегральное преобразование Лапласа-Карсона, найдем решение исходной задачи. Точное решение уравнения (4) возможно лишь для простых задач. Поэтому, для исследования теплообмена в трубах со сложным поперечным сечением приходится решать задачу (4), (5) приближенными методами.

Предположим, что подобрана функция  $\bar{\Phi}^*(s, Y, Z, p)$ , непрерывная, дважды дифференцируемая в области  $G$  и удовлетворяющая условию (5). Приближенное решение граничной задачи (4), (5) находим в семействе линейной композиции вида [2]:

$$\bar{T}^*(s, Y, Z, p) = \bar{\Phi}^*(s, Y, Z, p) + \sum_{k=1}^n \bar{a}_k^*(s, p) \psi_k(Y, Z), \quad (6)$$

где  $\psi_k(Y, Z)$  - априорно выбранные координатные функции, удовлетворяющие граничным условиям, т.е.:

$$[\psi_k(Y, Z)]_r = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (7)$$

Пусть вязкая несжимаемая ньютоновская жидкость течет внутри полуограниченной прямолинейной цилиндрической трубы с перпендикулярным сечением в виде эллипса, ось трубы совпадает с положительным направлением оси абсцисс, а остальные оси координат перпендикулярны потоку. Тогда уравнение переноса энергии при известных допущениях, с учетом диссипации энергии и дополнительных внутренних источников тепла, при стационарном режиме приводится к виду:

$$2W_{cp} \left[ 1 - \left( \frac{y^2}{b_1^2} + \frac{z^2}{b_2^2} \right) \right] \frac{\partial T}{\partial X} = a \nabla^2 T + \frac{q(x, y, z)}{c\gamma} + \frac{16W_{cp}^2 \mu}{c\gamma} \cdot \left( \frac{y^2}{b_1^4} + \frac{z^2}{b_2^4} \right), \quad (8)$$

где  $W_{cp} = \frac{\Delta p}{4\mu l} \frac{b_1^2 b_2^2}{b_1^2 + b_2^2}$ ,  $\Delta p$  - постоянное падение температуры на участке длины  $l$ .

При граничных условиях  $T(0, y, z) = T_0 = const$ ,  $[T(x, y, z)]_r = f(x)$  задача в области изображений принимает вид:

$$\begin{cases} sW(y, z) \bar{T}(s, y, z) - a \nabla^2 T = WT_0 + \frac{\bar{q}(x, y, z)}{c\lambda} + \frac{16\mu W_{cp}^2}{sc\gamma} \left( \frac{y^2}{b_1^4} + \frac{z^2}{b_2^4} \right), \\ [\bar{T}(s, y, z)]_r = F(s) \end{cases} \quad (9)$$

где  $W(y, z) = 2W_{cp} \left[ 1 - \left( \frac{y^2}{b_1^2} + \frac{z^2}{b_2^2} \right) \right]$ .

В качестве оптимальной системы координатных функций можно взять функции вида:

$$\psi_k(y, z) = \left[ 1 - \left( \frac{y^2}{b_1^2} + \frac{z^2}{b_2^2} \right) \right] \left( \frac{y^2}{b_1^2} + \frac{z^2}{b_2^2} \right)^{k-1} \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Исследованы поле температуры и тепловой поток:

- 1) без учета трения и внутренних источников при  $f(x) = T_{cp} = const$  и:
  - а)  $f(x) = T_0 + \Delta T \cdot x$ ,  $\Delta T = const$ ;
  - б)  $f(x) = T_0 + \Delta T(1 - \exp(-\chi^2 x))$ ,  $\Delta T = const$ ;
- 2) с учетом тепловыделяющей жидкости при  $f(x) = T_{cp} = const$  и:
  - а)  $q(x, y, z) = q_v = const$ ; и
  - б)  $q(x, y, z) = q_v = \left[ 1 - \left( \frac{y^2}{b_1^2} + \frac{z^2}{b_2^2} \right) \right]$ ;
- 3) обусловленное только теплотой трения.

При  $b_1 = b_2 = R$  из полученных решений можно получить поля температуры и теплового потока для прямой круглой трубы эллиптического сечения, соответствующие результатам которые были получены в [3].

## Литература

1. Самаров Ш.Ш. Теплообмен при нестационарном режиме при постоянной скорости в сечении потока. // Современные проблемы математики и ее приложения. Материалы межд. научно-прак. конф, посвященной 20-летию развития естественных, точных и математических наук 2020-2040 годы. Душанбе, 20-21 октября 2022 г. С. 202-206.

2. Цой П.В. Методы расчета задач тепло - и массопереноса. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 414с.

3. Самаров Ш.Ш. Теплообмен при нестационарном режиме при постоянной скорости в сечении потока внутри трубы // Материалы Международной научно-практической конференции “Эпистемологические основания современного образования: актуальные вопросы продвижения фундаментального знания в учебный процесс”. Воронежский государственный университет. Борисоглебск -2023г., (6-7.04-2023). с.581-584

### Автор:

доцент кафедры Естественных наук, **Самаров Ш.Ш.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон: +992 (938) 67-28-36

E-mail: samarov.1958 mail.ru

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

*Д.Д. Каюмова*

Худжандский политехнический институт таджикского технического университета  
имени академика М.С. Осими

Стремительная информатизация всех социальных сфер, переход к повсеместному использованию компьютеризированных баз данных делают важными вопросы обеспечения правовой защиты информации о частной жизни человека. Но жизненно важной проблемой в методе обмена информацией является безопасность конфиденциальной информации пациента, а также и целостность информационной системы медицинского обслуживания не должны подвергаться риску.

**Ключевые слова:** безопасность, информатизация, защита информации, угроза, доступность.

## **Защита интересов конфиденциальных данных пациентов**

Под информационной безопасностью медицинского учреждения рассматривается защита интересов, конфиденциальных данных пациента, защита интересов руководства и медицинского персонала от внутренних и внешних угроз.

Первостепенной задачей политики безопасности считается гарантия надежного функционирования систем защиты и устранение угроз безопасности информации ограниченного доступа. Иными задачами политики безопасности являются: создание комплексного представления о системе безопасности медицинского учреждения и всех ее элементов, обеспечивающей необходимый уровень надежной защищенности информационных ресурсов.

Организационные меры защиты информации необходимы для грамотного создания режима допуска к конфиденциальной информации пациентов в медицинских учреждениях. Также, урегулированные процессы функционирования автоматизированной системы, использование ее ресурсов, деятельности медицинского персонала и порядок взаимодействия с системой таким образом, чтобы максимально затруднить или исключить возможность реализации угроз безопасности информации.

Совокупность организационных мероприятий в медицинском учреждении включает разработку следующей необходимой документации:

- Приказ о назначении ответственного за обработку персональных данных;
- Инструкция ответственному за анализ персональных данных;
- Акт обследования информационной системы персональных данных;
- Описание процессов обработки персональных данных (схемы обработки персональных данных);

- Приказ об уточнении перечня персональных данных пациентов, определяющий состав и категории персональных данных;
- Утвержденная политика в отношении персональных данных и наличие подписей сотрудников об ознакомлении с политикой в отношении персональных данных.

В состав Политики в отношении персональных данных должны входить следующие разделы:

- Общие положения;
- Цели сбора персональных данных пациентов;
- Правовые основания обработки персональных данных;
- Объем и категории обрабатываемых персональных данных, категории субъектов персональных данных;
- Порядок и условия обработки персональных данных пациентов;
- Порядок актуализации, исправления, удаления и уничтожения персональных данных, ответы на запросы субъектов на доступ к персональным данным;
- Перечень мест хранения бумажных персональных данных (под каждую категорию);
- Положение об уничтожении персональных данных на материальных носителях;
- Акт классификации информационной системы персональных данных;
- Положение об обеспечении безопасности персональных данных и подписи соответствующих сотрудников под ним;
- Акт о вводе в действие информационной системы персональных данных;
- Акт о проведении обучения медицинского персонала.

Каждое медицинское учреждение должны опубликовать Политику конфиденциальности на своём личном сайте.

Программно-технические средства защиты информации в медицинских учреждениях, направлены на контролирование оборудования, программ и обработку персональных данных.

При моделировании системы защиты информации предлагается рассмотреть состав мер по обеспечению безопасности персональных данных, реализуемых в рамках системы защиты персональных данных с учетом актуальных угроз безопасности персональных данных и применяемых информационных технологий, входят:

- идентификация и аутентификация субъектов и объектов доступа;
- управление доступом субъектов к объектам доступа;
- ограничение программной среды;
- защита машинных носителей информации, на которых хранятся и обрабатываются персональные данные;
- регистрация событий безопасности;
- антивирусная защита;

- обнаружение (предотвращение) вторжений;
- контроль защищенности персональных данных;
- обеспечение целостности информационной системы и персональных данных;
- обеспечение доступности персональных данных;
- защита среды виртуализации;
- защита технических средств;
- защита информационной системы, ее средств, систем связи и передачи данных;
- выявление инцидентов (одного события или группы событий), которые могут привести к сбоям или нарушению функционирования информационной системы и к возникновению угроз безопасности персональных данных (далее - инциденты), и реагирование на них;
- управление конфигурацией информационной системы и системы защиты персональных данных.

### **Необходимые сертифицированные требования по безопасности информации**

При использовании в информационных системах средств защиты информации, сертифицированных по требованиям безопасности информации, указанные средства должны быть сертифицированы на соответствие обязательным требованиям по безопасности информации, установленным нормативными правовыми актами, или требованиям, указанным в технических условиях (заданиях по безопасности).

Функции безопасности средств защиты информации должны обеспечивать выполнение мер по обеспечению безопасности персональных данных, содержащихся в настоящем документе.

Для обеспечения 1 и 2 уровней защищенности персональных данных, а также для обеспечения 3 уровня защищенности персональных данных в информационных системах, для которых к актуальным отнесены угрозы 2-го типа, применяются сертифицированные средства защиты информации, программное обеспечение которых прошло проверку не ниже чем по 4 уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей.

Для автоматизации рабочих мест в медицинском учреждении необходимо использовать сертифицированные средства защиты информации:

1. Сертифицированная операционная система;
2. Система управления базами данных;
3. Сертифицированное программное обеспечение;
4. Сертифицированный межсетевой экран;
5. Средства антивирусной защиты;
6. Средства обнаружения вторжений;
7. Модуль доверенной загрузки.

Для рассмотрения и анализа мер по обеспечению защиты персональных данных в медицинских учреждениях была взята система программ 1С: Предприятие 8 технологическая платформа 1С: Предприятие, версия 8.3z. комплекта 1С: Медицина». Гибкость платформы позволяет применять «1С: Предприятие 8» в самых разнообразных областях.

Система программ «1С: Предприятие 8» включает в себя платформу и прикладные решения для медицинских организаций различных организационно-правовых форм, оказывающих медицинскую помощь в амбулаторно-поликлинических условиях.

«1С: Предприятие 8» контролирует следующие функции:

- Дискреционное разграничение доступа;
- Идентификация и аутентификация;
- Очистка внешней памяти;
- Регистрация;
- Надежное восстановление;
- Периодический контроль за целостностью.

Диспетчер доступа «1С: Предприятие 8» представляет собой совокупность функций проверки прав пользователей на выполнение тех или иных действий.

Диспетчер доступа реализован в виде нескольких взаимосвязанных программных фрагментов, каждый из которых контролирует свою область действий технологической платформы «1С: Предприятие 8».

Первая часть обслуживает подсистему идентификации и аутентификации. Она получает управление в момент открытия логической связи с информационной базой «1С: Предприятие 8» при изменении прав пользователей. Данный фрагмент обеспечивает идентификацию, аутентификацию, проверку категорий доступа.

Вторая часть обслуживает подсистему дискреционного и мандатного разграничения доступа. Она получает управление после разбора запроса. В этот момент полностью определены все объекты доступа и запрашиваемые по отношению к ним действия. Диспетчер выбирает все правила, касающиеся запрашивающего пользователя, и, в соответствии с запросом, проверяет, доступны ли требуемые объекты в данном запросе. Данный фрагмент может обращаться к подсистеме идентификации за подтверждением разрешения на действия, связанные с категориями пользователей.

Третья часть получает управление при каждой операции манипуляции с конкретными данными – при получении их из информационной базы, проведении операций над ними, записи в таблицы, выдаче данных пользователю. Третья часть возвращает запрашиваемые данные.

Все фрагменты диспетчера доступа в процессе работы обращаются к подсистеме регистрации событий, которая может принять решение согласно своим параметрам о регистрации соответствующих событий.

Право доступа – это разрешение на выполнение определённого действия над объектом конфигурации.

Роль – это некоторый признак, который можно присвоить пользователю и на основании принадлежности к которому может быть гарантирован либо запрещён некоторый тип доступа к какому-либо объекту (например, класс метаданных) либо комбинация типов доступа. С помощью этого механизма могут выстраиваться гибкие политики доступности различных ресурсов.

Различным объектам метаданных соответствуют различные права. Причем, некоторые права фиксируются на уровне самого прикладного решения. Диспетчер доступа не позволяет назначить право не предусмотренное для данного объекта метаданных. Например, нет возможности назначить право «Проведение» к справочнику, поскольку это право назначается только для документов.

## Литература

1. Бирюков, А.А. Информационная безопасность: защита и нападение / А.А. Бирюков. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 474 с.
2. Гафнер, В.В. Информационная безопасность: Учебное пособие / В.В. Гафнер. - Рн/Д: Феникс, 2010. - 324 с.
3. Глинская, Е.В. Информационная безопасность конструкций ЭВМ и систем: Учебное пособие / Е.В. Глинская, Н.В. Чичварин. - М.: Инфра-М, 2018. - 64 с.
4. Глинская, Е.В. Информационная безопасность конструкций ЭВМ и систем: учебное пособие / Е.В. Глинская, Н.В. Чичварин. - М.: Инфра-М, 2018. - 160 с.
5. Гришина, Н.В. Информационная безопасность предприятия: Учебное пособие / Н.В. Гришина. - М.: Форум, 2017. - 159 с.
6. Гришина, Н.В. Информационная безопасность предприятия: Учебное пособие / Н.В. Гришина. - М.: Форум, 2018. - 118 с.
7. Громов, Ю.Ю. Информационная безопасность и защита информации: Учебное пособие / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, О.Г. Иванова. - Ст. Оскол: ТНТ, 2010. - 384 с.
8. Ефимова, Л.Л. Информационная безопасность детей. Российский и зарубежный опыт: Монография / Л.Л. Ефимова, С.А. Кочерга.. - М.: Юнити-Дана, 2013. – 239.

### Автор:

Ассистент кафедры «Цифровая экономика» **Каюмова Д.**  
ХПИТТУ им. Академика М.С.Осими.  
735700, г. Худжанд, просп. Исмоили Сомони 226  
Тел: (+992 3422) 6-04-54  
Факс: (+9923422) 6-04-54  
E-mail: [kayumovadilya06@gmail.com](mailto:kayumovadilya06@gmail.com)

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО АММИАКА ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ЧАСТОТЫ

*Шоайдаров Н.Б.*

Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ»  
в г. Душанбе;

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 8 аналитических выражений для обобщенных коэффициентов вязкости многоатомных жидкостей. Приводятся численные расчеты зависимости динамического коэффициента сдвиговой вязкости жидкого аммиака от температуры, при различных значениях плотности жидкости.

**Ключевые слова:** многоатомные жидкости, термическая релаксация, динамические вязкоупругие свойства.

Вязкоупругие свойства жидкостей при динамических процессах, существенно отличаются от их вязкоупругих свойств при статистических процессах и существенно зависят от характера происходящих в жидкостях внутренних релаксационных явлений. Установлено, что описать динамические вязкоупругие свойства жидкостей с учётом особенностей их молекулярной структуры и механизмов, происходящих в них внутренних релаксационных процессов, возможно только на основе строгих статистических теорий жидкостей. Нами в работе [1], на основе обобщения метода неравновесной функции распределения (НФР) [2] для описания сложных асимметричных жидкостей [3], было получена замкнутая система уравнения обобщённой (релаксационной) гидродинамики многоатомных жидкостей в виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{tt}} + \frac{\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{ttr}} + \frac{\sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\hat{\tau}_{tr}} &= A_t^{\alpha\beta}, \\
 \frac{\partial \sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{trt}} + \frac{\sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{trr}} + \frac{\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{trtr}} &= 0, \\
 \frac{\partial \sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\sigma_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{rr}} + \frac{\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\tau_{rtr}} + \frac{\sigma_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\hat{\tau}_{rt}} &= A_r^{\alpha\beta}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

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. Выражения, входящих в (1) параметры приведены в [4].

Следует отметить, что не все входящие в (1) параметры  $\tau$  имеют размерность времени. На основе детального анализа механизмов термических релаксационных процессов было установлено, что в рассматриваемой нами модели жидкости существует три характерные времени релаксации:

$$\begin{aligned}\tau_{tt} &= \frac{m}{\beta_{tt}}, \beta_{tt} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle \hat{F}(0) \hat{F}(t_1) \rangle_0 dt_1; \quad \tau_{rr} = \frac{I}{\beta_{rr}}, \beta_{rr} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle \hat{N}(0) \hat{N}(t_1) \rangle_0 dt_1; \\ \tau_{tr} &= \frac{\sqrt{mI}}{\beta_{tr}}, \quad \beta_{tr} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle \hat{F}(0) \hat{N}(t_1) \rangle_0 dt_1.\end{aligned}\quad (2)$$

Остальные  $\tau$  выражаются через эти параметры:  $\tau_{ttr} = \tau_{rtt} = 4 \sqrt{\frac{m}{I}} \tau_{tr}$ ;

$$\tau_{trr} = \tau_{rtt} = \frac{20}{3} \sqrt{\frac{I}{m}} \tau_{tr}; \quad \hat{\tau}_{trtr} = \frac{4\tau_{tt}\tau_{rr}}{\tau_{tt}+\tau_{rr}}; \quad \text{и } \hat{\tau}_{tr}, \hat{\tau}_{rt} \rightarrow \infty.$$

Решение системы уравнений (1) с использованием условия  $\frac{\tau_{tt}}{\tau_{tr}}, \frac{\tau_{rr}}{\tau_{tr}} \ll 1$  была упрощена и использована для описания вязкоупругих свойств жидких систем, где обмен энергией между одинаковыми степенями свободы молекул происходит быстрее чем обмен энергией между различными степенями свободы. Результаты были использованы для исследования динамических вязкоупругих свойств простых жидкостей [4] и нематических жидких кристаллов [5].

В настоящей работе приводятся результаты применения системы уравнения обобщенной гидродинамики (1) для описания сложных многоатомных жидкостей, где выполняется условия  $\frac{\tau_{tt}}{\tau_{tr}}, \frac{\tau_{rr}}{\tau_{tr}} \gg 1$ . В этом случае для компонент тензора вязкого напряжения  $\sigma_{tr}^{\alpha\beta}$  получим выражение:

$$\sigma_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}v) = \frac{(A_t^{\alpha\beta} + A_r^{\alpha\beta})a\tau_{tr}}{2[1 - iv\tau_{\text{эф}}](1 + (v\tau_{tr})^2)}, \quad (3)$$

$$\text{где,} \quad \tau_{\text{эф}} = \frac{10\tau_{tr}^2(\tau_{tt} + \tau_{rr})}{3\tau_{tt}\tau_{rr}} \quad (4)$$

Учитывая выражения  $A_t^{\alpha\beta}$  и  $A_r^{\alpha\beta}$  из [4], для  $A_{tr}^{\alpha\beta} = A_t^{\alpha\beta} + A_r^{\alpha\beta}$  получим:

$$\begin{aligned}A_{tr}^{\alpha\beta} &= -\mu_{s,tr}^{\infty} \left\{ \frac{\partial u^{\alpha}(\vec{x}, t)}{\partial x^{\beta}} \right\} - \mu_{V,tr}^{\infty} \delta^{\alpha\beta} \left( \frac{\partial u^{\gamma}(\vec{x}, t)}{\partial x^{\gamma}} \right) - \\ &- \mu_{Vtr}^{\text{B}\infty} \delta^{\alpha\beta} \frac{\partial (a^{\gamma\rho} \omega^{\rho}(\vec{x}, t))}{\partial \theta^{\gamma}} - \mu_{str}^{\text{B}\infty} \frac{\varepsilon_{\alpha\beta\gamma}}{2} (\text{rot} \vec{u})^{\gamma};\end{aligned}\quad (5)$$

$$\text{где, } \mu_{s,tr}^{\infty} = P_t \left[ 1 - \frac{1}{c_V} \left( \frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n \left( 1 - \frac{P_r}{P_t} \right) \right];$$

$$\mu_{V,tr}^{\infty} = P_t \left[ \frac{5}{2} + \frac{P_r}{P_t} - \frac{n}{P_t} \left( \left( \frac{\partial P_t}{\partial n} \right)_T + \left( \frac{\partial P_r}{\partial n} \right)_T \right) - \frac{(e+P_t)}{P_t c_V} \left( \left( \frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n + \left( \frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_n \right) \right];$$

$$\mu_{Vtr}^{\text{B}\infty} = P_t \left[ 1 + \frac{P_r}{P_t} - \frac{n}{P_t} \left( \left( \frac{\partial P_t}{\partial n} \right)_T + \left( \frac{\partial P_r}{\partial n} \right)_T \right) - \frac{(e+P_t)}{P_t c_V} \left( \left( \frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n + \left( \frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_n \right) \right]; \quad (6)$$

$$\mu_{Vtr}^{\text{B}\infty} = \frac{P_t}{2c_V} \left[ \left( \frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n + \left( \frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_n \right].$$

Подставляя (5) в (3), с учетом (6), получим следующие аналитические выражения для обобщённых коэффициентов вязкостей исследуемой жидкой системы:

$$\eta_{s\ tr}(iv) = \frac{\mu_{s, tr}^{\infty} a \tau_{tr}}{2[1 - iv\tau_{\text{эф}}](1 + (v\tau_{tr})^2)} ; \quad \eta_{V\ tr}(iv) = \frac{\mu_{V, tr}^{\infty} a \tau_{tr}}{2[1 - iv\tau_{\text{эф}}](1 + (v\tau_{tr})^2)} \quad (7a)$$

$$\eta_{s\ tr}^B(iv) = \frac{\mu_{s, tr}^{B\infty} a \tau_{tr}}{2[1 - iv\tau_{\text{эф}}](1 + (v\tau_{tr})^2)} ; \quad \eta_{V\ tr}^B(iv) = \frac{\mu_{V, tr}^{B\infty} a \tau_{tr}}{2[1 - iv\tau_{\text{эф}}](1 + (v\tau_{tr})^2)}. \quad (7b)$$

Определяя реальные и мнимые части этих обобщённых выражений по стандартной схеме  $\eta(iv) = \eta(v) - \frac{i}{v}\mu(v)$ , определим динамические коэффициенты вязкостей ( $\eta(v)$ ) и соответствующие им динамических модулей упругости ( $\mu(v)$ ) рассматриваемой модели жидкой системы, в частности для динамического коэффициента сдвиговой вязкости и соответствующего ему модуля упругости получим следующие выражения:

$$\eta_{s\ tr}(v) = \frac{\mu_{s, tr}^{\infty} a \tau_{tr}}{2(1 + (v\tau_{\text{эф}})^2)(1 + (v\tau_{tr})^2)} \quad (8a)$$

$$\mu_{s\ tr}(v) = \frac{\mu_{s, tr}^{\infty} a v^2 \tau_{tr} \tau_{\text{эф}}}{2(1 + (v\tau_{\text{эф}})^2)(1 + (v\tau_{tr})^2)} \quad (8b)$$

Входящие в (8) статические модули упругости -  $\mu_{tr}^{\infty}$  определяются выражениями - (6), а характерные времена релаксации -  $\tau_{tr}$  и  $\tau_{\text{эф}}$  из выражения (2) и (4). Следовательно, выражения (2) - (8), позволяют исследовать динамические вязкоупругие свойства сложных жидких систем, в которых релаксационные процессы обусловленные обменом энергией между поступательными и вращательными степенями свободы молекул играют определяющую роль, с учётом вкладов всех трёх внутренних релаксационных процессов с характерными временами  $\tau_{tt}$ ,  $\tau_{rr}$  и  $\tau_{tr}$ , соответственно. Ниже, исходя из выражения (2) - (8), для конкретной модели жидкости проводим численный расчет сдвиговой вязкости и её модуля упругости. Для этого выражения (2) представим в безразмерном виде:

$$\beta_{tt} = B_{tt} \tilde{\tau} \frac{\tilde{n}}{\tilde{r}} \int_0^{\infty} \left( \frac{\partial \Phi_{ij}}{\partial r} \right)^2 g_0(r) r^2 dr \sin(\theta) d\theta \quad (9a)$$

$$\beta_{rr} = B_{rr} \tilde{\tau} \frac{\tilde{n}}{\tilde{r}} \int_0^{\infty} \left( \hat{a} \frac{\partial \Phi_{ij}}{\partial \theta} \right)^2 g_0(r) r^2 dr \sin(\theta) d\theta \quad (9b)$$

$$\beta_{tr} = B_{tr} \tilde{\tau} \frac{\tilde{n}}{\tilde{r}} \int_0^{\infty} \left( \frac{\partial \Phi_{ij}}{\partial r} \right) \left( \hat{a} \frac{\partial \Phi_{ij}}{\partial \theta} \right) g_0(r) r^2 dr \sin(\theta) d\theta \quad (9b)$$

$$\text{где,} \quad B_{tt} = \frac{4\varepsilon\tau}{\sigma^2} \left[ \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right] ; \quad B_{rr} = 4\varepsilon\tau \left[ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} \right] ; \quad B_{tr} = \frac{4\varepsilon\tau}{\sigma} \left[ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}} \right] \quad (10)$$

а,  $\tilde{\tau}$  – безразмерное число которое может быть использовано в качестве подгоночного параметра.

В качестве конкретной модели многоатомной жидкости используем жидкий аммиак. Выбор жидкого аммиака связан с тем, что его теплофизические и вязкоупругие свойства достаточно хорошо исследованы и при необходимости, в литературе легко можно найти необходимые для проведения численных расчетов значения молекулярных параметров.

Подставляя в (10) значения молекулярных параметров аммиака [6] получим:

$$B_{tt} = 2,6 \cdot 10^{-15} \text{ кг/с}; B_{rr} = 1,8 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}; B_{tr} = 6,8 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с} \quad (11)$$

В качестве расчетного потенциала примем, потенциал, предложенный Штокмайером[6]. Потенциал Штокмайера представляет собой комбинацию потенциала Леннарда-Джонса(12-6) и взаимодействие двух диполей [6]:

$$\Phi_{ij}\{r_{ij}, \theta_i, \theta_j, (\varphi_i - \varphi_j)\} = 4\varepsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r_{ij}} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r_{ij}} \right)^6 \right] - k \frac{\mu_i \mu_j}{r_{ij}^3} f(\theta_i, \theta_j, (\varphi_i - \varphi_j)) \quad (12)$$

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 b,  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Дж} \cdot \text{м}/\text{Кл}^2$ - 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:

$$\tilde{\Phi} = \frac{\Phi_{ab}}{\varepsilon} = 4 [ (r)^{-12} - (r)^{-6} ] - \mu f(\theta_i, \theta_j, \Delta\varphi) r^{-3} \quad (13)$$

В общем виде ориентационный множитель  $f(\theta_a, \theta_b, (\varphi_a - \varphi_b))$ , в (12) 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 зависит от относительной ориентации молекул.

Равновесную радиальную функцию распределения представим в виде [7]

$$g_o(r) = \begin{cases} y(1) = \frac{2 - \rho}{2(1 - \rho)}, & r \leq 1 & (14a) \\ e^{-\frac{\tilde{\Phi}_{ij}(r)}{T}} y(r) & 1 \leq r \leq 2 & (14б) \\ e^{-\frac{\tilde{\Phi}_{ij}^*(r)}{T}} & r > 2. & (14в) \end{cases}$$

где  $y(r)$ - бинарная функция распределения двух полостей, явный вид которого на расстояниях  $1 < r < 2$  приведена в [7].

В таблице 1 приведены результаты численных расчетов, проводимых по выражениям (8) - (14) для коэффициента внутреннего трения, времени обменной релаксации и динамического коэффициента сдвиговой вязкости жидкого аммиака при трех значениях плотности.

Таблица 1

Результаты численных расчетов вязкоупругих параметров жидкого аммиака

Т, К	$\rho = 702,2 \text{ кг/м}^3$			$\rho = 652 \text{ кг/м}^3$			$\rho = 595,1 \text{ кг/м}^3$		
	$\beta \cdot 10^{-24}$ кг · м/с	$\tau \cdot 10^{-13}$ с	$\eta_s$ , МПа · с	$\beta \cdot 10^{-24}$ кг · м/с	$\tau \cdot 10^{-13}$ с	$\eta_s$ , МПа · с	$\beta \cdot 10^{-24}$ кг · м/с	$\tau \cdot 10^{-13}$ с	$\eta_s$ , МПа · с
223	0,3141	3,2098	0,3027	0,2764	3,6480	0,2843	0,2377	4,2418	0,2489
233	0,3094	3,2592	0,2786	0,2722	3,7041	0,2599	0,2341	4,3071	0,2258
243	0,3048	3,3084	0,2589	0,2682	3,7600	0,2398	0,2306	4,3721	0,2068
253	0,3003	3,3574	0,2438	0,2642	3,8157	0,2242	0,2273	4,4368	0,1917
263	0,2960	3,4064	0,2324	0,2604	3,8713	0,2122	0,2240	4,5015	0,1801
273	0,2918	3,4553	0,2233	0,2568	3,9270	0,2024	0,2208	4,5662	0,1704
283	0,2877	3,5044	0,2165	0,2532	3,9827	0,1949	0,2177	4,6310	0,1628
293	0,2837	3,5535	0,2112	0,2497	4,0385	0,1889	0,2147	4,6959	0,1565
303	0,2799	3,6027	0,2068	0,2463	4,0945	0,1837	0,2118	4,7610	0,1510

Как видно из таблицы 1 с увеличением температуры, значение коэффициента внутреннего трения  $\beta(T)$  уменьшается, а значение характерного времени трансляционной релаксации  $\tau(T)$  увеличивается. Такой характер изменения  $\beta(T)$  и  $\tau(T)$  вполне соответствуют установленным поведением этих параметров в жидкостях. При повышении температуры, жидкости как, бы становятся более рыхлыми, и внутренняя трения в них уменьшается. Увеличение значения характерных времён релаксации с ростом температуры говорит о термическом характере представляемых ими релаксационных процессов.

На рисунке 1 иллюстрированы температурные зависимости динамического коэффициента сдвиговой вязкости жидкого аммиака при трех значениях плотности, рассчитанных по выражениям (8). Из рисунка 1 видно, что с увеличением температуры при фиксированных значениях плотности, происходит уменьшение сдвиговой вязкости, а при постоянных значениях

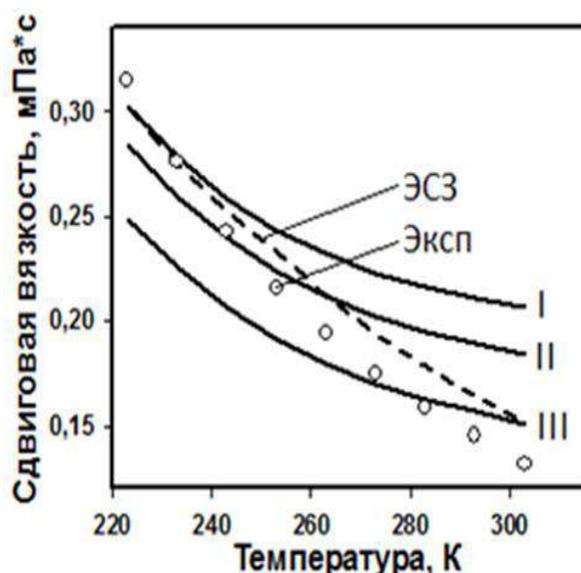


Рис1. Зависимость динамического коэффициента сдвиговой вязкости жидкого аммиака от температуры для трех значения плотности: I-702,2кг/м<sup>3</sup>; II-652кг/м<sup>3</sup>; III-595,1кг/м<sup>3</sup>;

температуры, с увеличением давления сдвиговая вязкость увеличивается. Такой характер изменения вязкости 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 высоких температурах наблюдается малозаметное отклонение от эксперимента (см. кривые ЭСЗ и Эксп), в целом, при экспериментально согласованных значениях плотности и температуры наши теоретические численные расчёты совпадают с экспериментальными результатами. На рисунке 2 представлена частотная зависимость динамического коэффициента сдвиговой вязкости  $\eta_{str}(\nu)$  для жидкого аммиака при трех значениях температуры и плотности.

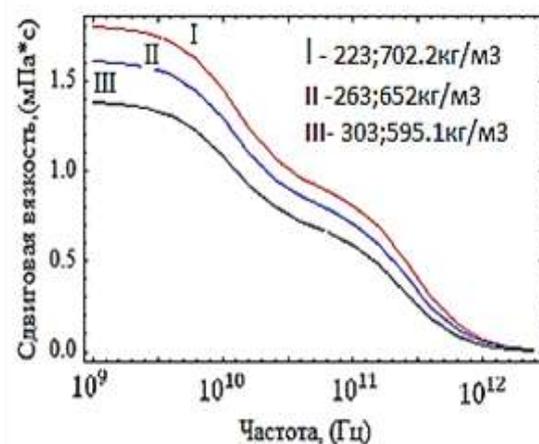


Рис.2. Частотная зависимость динамического коэффициента сдвиговой вязкости жидкого аммиака для трех значений плотности и температуры.

Из рисунки 2 видно, что динамические вязкоупругие параметры жидкого аммиака имеют две релаксационные области: первая область с  $\nu\tau_{эф} \sim 1$ ; и вторая область с  $\nu\tau_{tr} \sim 1$ . В релаксационном соотношении  $\nu\tau \sim 1$ , чем меньше значение времени релаксации  $\tau$ , тем больше значение частоты  $\nu$ . При этом область релаксации  $\nu\tau_{эф} \sim 1$ , с учётом условия  $\frac{\tau_{tr}}{\tau_{tt}}, \frac{\tau_{tr}}{\tau_{rr}} \ll 1$ , будет находиться в области более высоких частот, так как  $\tau_{эф} = \frac{10}{3} \tau_{tr} \frac{\tau_{tr}}{\tau_{tt}} \ll \tau_{tr}$ . Однако, по нашим подсчетам  $\tau_{tt} \ll \tau_{tr}$  и следовательно в области более высоких частот будет находится  $\nu\tau_{tr} \sim 1$ , а релаксационная область  $\nu\tau_{эф} \sim 1$  располагается в области более низких частот. Это связано с тем, что условие  $\frac{\tau_{tr}}{\tau_{tt}} \ll 1$  видимо может выполняться только для жидкостей с очень сложными формами молекул.

## Литература

1. Абдурасулов А., Рахими А., Шоайдаров Н.Б.// О динамических вязкоупругих свойствах 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. Абдурасулов А. А. Общие аналитические выражения для динамических вязкоупругих коэффициентов жидкостей с произвольными формами молекул. //Вестник Таджикского технического университета, сер.: Интеллект, Инновация. Инвестиция. 2016, № 4(36), С.19-25.

4. Абдурасулов А., Абдурасулов Д., Шоайдаров Н.Б. О вкладе динамики изменения внутренних давлений в вязкоупругие свойства ассиметричных жидкостей//Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. №4 (52) 2020,-№4(52).-С.20-26.

5. Абдурасулов А., Абдурасулов Д., Шоайдаров Н.Б. Об аномальном поведении теплофизических параметров нематических жидких кристаллов вблизи точки фазового перехода НЖК-ИЖ. Материалы международной научно практической конференции. «Энергетика Таджикистана: актуальные проблемы и пути их решения», секция-5.Естественные науки. 2019г,- С. 237-242.

6. Бретшнайдер С.Г. Свойства газов и жидкостей. // М.: Химия, 1986.-ст 42.

7. 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**

старший преподаватель, заведующей лабораторией  
«Физики», кафедра «Естественных наук», **Шоайдаров Н.Б.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
Телефон: +992 (930) 10 05 71  
E-mail: jasic10@mail.ru

# ТЕПЛОЕМКОСТЬ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ФУЛЛЕРЕНОИДНЫХ ОКСИДОВ И ИХ СТРУКТУРЫ

*С.С. Раджабова*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

*М.А. Зарипова, Т.Р. Тиллоева*

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

В статье приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования теплоемкости электролитов NaCl в зависимости от концентрации фуллеренов. Результаты исследования показали, что добавка фуллереноидных оксидов повышает теплоемкость электролитов NaCl. Для измерения удельной изобарной теплоемкости растворов электролитов использована экспериментальная установка (Ср-калориметр). Для расчета теплоемкости электролитов использован принцип аддитивности. Общая относительная погрешность измерения теплоемкости составляет 3,2% при доверительной вероятности 0,95.

**Ключевые слова:** электролит (NaCl+H<sub>2</sub>O), теплоемкость, концентрация, кремниевые фуллерены, различные фракции, структура.

## Кремниевые фуллерены

В промышленности и технологиях достаточно часто применяется кремний. Кремний и его производные являются важными материалами для промышленности, например, в полупроводниках, оптоэлектронике и телекоммуникации. Линейные размеры наноалмазов колеблются от 10нм до 50нм. Диаметр углеродных нанотрубок колеблется от 4 нм до 20нм, а их длина от 100нм до 2 мкм [1-4]. Открытие углеродных фуллеренов привело к интенсивному поиску и изучению фуллереноподобных наночастиц других элементов и неорганических соединений. Первым претендентом в этой гонке стал кремний, элемент, наиболее близкий по свойствам к углероду. Однако, было обнаружено, что кремниевые фуллерены не могут поддерживать идеальную каркасную структуру, как углеродные фуллерены. Расчеты теории функционала плотности показали, что даже с инкапсулированными частицами почти все эндоэдральные кремниевые фуллерены демонстрируют сильно сморщенные каркасные структуры по сравнению с их углеродными аналогами [3]. В частности, структуры фуллерена и нанотрубок кремния можно стабилизировать путем инкапсуляции металла или водородного захвата [4]. В рамках приближения MINDO/3 с учетом межатомных взаимодействий методом Монте-Карло были оптимизированы структуры фуллеренов Si<sub>n</sub> и Si<sub>n</sub>H<sub>n</sub> с размерами 20<n<60 и достигнута стабильность полых кластеров кремния, состоящих более чем из 36 атомов [2-4].

Тетраэдрические оксиды, такие как силикаты и алюминаты, привлекли к себе пристальное внимание благодаря потенциальной возможности их

применения в различных областях – от катализа до термо- и фотолюминесценции. Несмотря на их тетраэдрическую природу, до сих пор не было попыток установить структурное соответствие между этими оксидами и различными формами углерода, например, фуллеренами. **Maryvonne Hervieu** с соавторами (Лаборатория CRISMAT, Франция) в апрельском номере журнала “Nature Materials” впервые представили оксиды, обладающие трехмерной структурой  $AlO_4$ -тетраэдров, образующих гигантские “ $Al_{84}$ ” – сферы, подобные сферам D2d изомера фуллеренов  $C_{84}$ . Эти “ $Al_{84}$ ”- сферы, располагающиеся в узлах гранцентрированной кубической решетки, легко идентифицируются с помощью электронного микроскопа с высоким разрешением. Авторы работы также показали, что алюминат  $Sr_{33}Bi_{24+\delta}Al_{48}O_{141+3\delta/2}$  имеет субнаноструктуру, подобную луковой коже, образуемую частицами  $Bi/Sr/O$ , локализованными внутри  $Al_{84}$  – сфер. Авторы обсудили роль псевдосферического аниона  $[Bi_{16}O_{52-n}Sr_n]$  в стабилизации такой структуры. Эта структура, по мнению авторов, открывает новый большой класс фуллереноподобных оксидов (фуллереноидов) с различными свойствами.

Тетраэдрические оксиды, включающие такие элементы, как Si и Al, привлекли к себе внимание благодаря их потенциальной возможности широкого применения. Недавно были исследованы стронций-алюминаты как пигменты для фотолюминесценции или термолюминесценции, а ионно-обменные, адсорбционные и каталитические свойства силикатов и силикоалюминатов из семейства цеолитов и ультрамаринов, также, как и их поведение, как молекулярного сита, сейчас исследуются учеными мира. Эти оксиды имеют различные сложные структуры, которые можно лучше понять, если рассматривать их топологию следующим образом: каждый тетраэдр, обычно образуется металлическим (M) атомом (Al или Si), образующие большие полости и туннели легко идентифицируются в трехмерных (3D) структурах, атомы Al или Si связаны прямыми линиями. Принимая во внимание эту модель, интересно сравнить  $M=Si, Al$  – структуры цеолитов со структурой фуллеренов. Это иллюстрируется, например, для  $Na_{8-10}Al_6Si_6O_{24}Si_{2-4}$ , построенного из шестиугольных (Al, Si)<sub>6</sub> и квадратных (Al, Si)<sub>4</sub> “окон”. Это соединение можно сравнить с фуллереном  $C_{60}$ , который состоит из сферических молекул  $C_{60}$ , построенных из пятиугольников  $C_5$  и шестиугольников  $C_6$ . Этот топологический анализ показывает возможность синтеза фуллереноидных оксидов, в которых металлические атомы могли бы образовывать, по аналогии с фуллеренами, “бакиболлы”, сцепление между которыми обеспечивалось бы атомами кислорода, расположенными посередине между двумя металлическими атомами, каждый из которых находится в узлах тетраэдра.

В данной информации представлен первый фуллереноидный оксид, который состоит из сфер  $Al_{84}$ , схожих со сферами изомеров фуллерена  $C_{84}$ , и показано, что сферы  $Al_{84}$  образуют 3D-гранцен-трированную кубическую решетку (ГЦК).

Синтеза фуллереноидных оксидов базируется на том факте, что реализация таких  $M_n$  сфер в форме 3D-тетраэдрической структуры, требует, чтобы  $M_n$ -сферы были заполнены объемными частицами, которые бы обеспечивали стабильность такой структуры. Каждая  $MnO_{(3n+2)/2}$  сфера может быть стабилизирована различными органическими ионами или молекулами методом гидротермического синтеза, ну введение в структуру гидроксильных групп рискованно, поскольку есть вероятность уменьшения стабильности материала. Другая возможность состоит во введении больших катионов для нейтрализации отрицательных зарядов, образуемых  $MnO_{(3n+2)/2}$ -сферами. Анализ предыдущих исследований, выполненных на 3D-алюминатах, показывает, что среди выделенных многочисленных соединений представляет большой интерес алюминат  $Sr_6Bi_2O_3 (AlO_2)_{12}$ , поскольку его тетрагональная структура  $[AlO_2]_\infty$  образует большие полости и туннели, где локализованы  $Sr^{2+}$  катионы и  $BiO_3$  – группы. Основываясь на этих наблюдениях, мы обратились к системе  $SrO-Bi_2O_3 - Al_2O_3$ . Во время проведенных исследований, используя твердофазную реакцию, мы выделили алюминат  $Sr_{33}Bi_{24+\delta}Al_{48}O_{141+3\delta/2}$  из смеси  $SrO, Bi_2O_3, Al_2O_3$ . Был также выращен и исследован методом рентгеновской дифракции монокристалл этого нового алюмината. Полученный алюминат имеет кубическую ячейку ( $a = 25.09\text{Å}$ ) и относится к пространственной группе  $F43m$ . Его кристаллическая структура на первый взгляд кажется весьма сложной: он имеет тетраэдрическую 3D-структуру, в узлах которой находятся  $AlO_4$ , образующие большие сферические объемы, содержащие  $Sr^{2+}$  катионы и висмут-кислород кластеры. Более того, между этими объемами находятся дополнительные  $Sr^{2+}$  катионы.

Первая важная особенность этой структуры связана с решеткой алюминия. Атомы алюминия образуют огромные сферы  $Al_{84}$ , построенные из пятиугольников  $Al_5$  и шестиугольников  $Al_6$ , подобно фуллеренам. Фактически эта конфигурация, характеризуемая пяти-угольными парами соответствует наиболее часто встречающемуся D2d-изомеру-фуллерену  $C_{84}$ . Тем не менее, размер сфер  $Al_{84}$  намного больше, чем для  $C_{84}$  фуллерена, их диаметры составляют, соответственно, 18,5 Å и 8,5 Å. Такая большая разница в размере связана с атомами кислорода, дислоцированными приблизительно посередине между двумя соседними атомами алюминия, так что  $Al_{84}$ -сферы создают  $Al_{84}O_{210}$ -сферу, состоящую из тетраэдров, в узлах которых находятся  $AlO_4$ . Другая важная черта касается расположения сфер  $Al_{84}$ , которые образуют ГЦК-структуру, как это можно видеть из проекции решетки алюминия на направление. Более того, каждая сфера имеет общие гексагональные  $Al_6$  грани с 12-тью другими идентичными сферами, образующими  $[Al_\infty]$  3D-структуру. В этом отношении "алюминиевая сеть" в данном алюминате сильно отличается от фуллеренов, в которых  $C_n$ -сферы изолированы. Что касается "кислородной сети", стоит отметить, что атом кислорода на один алюминиевый атом располагается вне  $Al_{84}$ -сферы. Это значит, что 84 атома кислорода  $Al_{84}O_{210}$ -сферы расположены вне ее. Двенадцать из этих атомов кислорода образуют Al-O-Al мосты между двумя

сферами, формируя 3D-структуру  $AlO_4$ -тетраэдров. Остальные 72 атома кислорода участвуют в соседних  $Al_{84}$ -сферах. Оставшиеся 126 атомов кислорода ( $3/2$  атома на атом алюминия) образуют слой внутри  $Al_{84}$ -сферы, формируя  $O_{126}$ -сферу. Третье исключительное структурное свойство заключается в субнаноструктуре, образуемой сетью "BiSrO", подобной луковой кожуре, расположенной внутри  $Al_{84}$ -сферы,  $O_{126}$ -сферы построены из трехгранных групп  $O_3$ , образующих шестиугольные -  $O_6$  пятиугольные -  $O_5$  окна, подобно  $Al_{84}$ -сферам, которые, однако, имеют общие углы, а не грани. Внутри  $O_{126}$ -сферы стронций и часть узлов с висмутом образуют третью концентрическую сферу  $Sr_{32}(Bi_{8,25}O_{3,75})$ , которая состоит из двух взаимопроникающих сфер:  $Sr_{32}$ -сферы (голубого цвета), построенной из соприкасающихся по граням  $Sr_4$  и  $Sr_6$ - колец, и частично заполненной  $Bi_{8,25}Sr_{375}$ -сферы (желтого цвета), построенной из квадратов -  $Bi_4$  и треугольников -  $Bi_3$ . Четвертая  $O_{40}$ -сфера состоит из треугольников  $O_3$  и квадратов  $O_4$ . Пятая сфера представлена центральной группой  $Bi_{16}$ , образующей соприкасающиеся  $Bi_3$ -треугольники с расстоянием  $Bi-Bi$ , меняющимся от 3.54 до 4.21 Å. Наконец, внутри последней сферы находится усеченный тетраэдр  $O_{12}$ , заполненный лишь на 61,5%.

Эта очаровательное структурное своеобразие ясно иллюстрируется с помощью изображений, полученных электронным микроскопом высокого разрешения (HREM). Итак, впервые синтезирован фуллереноидный оксид, построенный из огромных  $Al_{84}$ -сфер. Большая схожесть этой структуры со структурой D2d-изомера фуллеренов  $C_{84}$  открывает дорогу к изучению других возможных соединений из этой серии, отличающихся размером  $Al_n$ -сфер, способом их соединения вследствие другой природы и относительного количества щелочноземельных катионов, а также благодаря возможности введения других элементов вместо алюминия, таких как Si, Ge, Fe и т.д., и других катионов или анионов внутри  $Al_n$ -сферы. Как следствие, эти материалы могут обладать различными свойствами и применяться для решения задач фотолюминесценции или термолюминесценции, магнетизма, нелинейной оптики и даже катализа.

**Электролит NaCl:** №1-( $H_2O+5\%NaCl$ ); №2-( $H_2O+10\% NaCl$ ); №3-( $H_2O+12,5\% NaCl$ ); №4-( $H_2O+15\%NaCl$ ); №5-( $H_2O+24,26\%NaCl$ ).

Литературные данные по теплоемкости водных растворов NaCl при различных температурах (288-323) К приводятся в работе [5-6] с добавкой фуллерена.

Результаты измерения теплоемкости водных растворов и наночастиц кремниевых фуллеренов показали, что теплоемкость исследуемых растворов зависит от концентрации наполнителя, их фракции, температуры и давления. С повышением температуры (288-433) К теплоемкость растворов, в то же время электролита NaCl, уменьшается по линейному закону и с ростом давления также уменьшается. Добавка наночастиц повышает теплоемкость исследуемых растворов.

Анализ значения ( $C^{**}$ ) показал, что оно является функцией концентрации NaCl и кремниевых фуллеренов, которые описываются выражениями:

$$C_p = [(0,548(n_{NaCl})^2 - 50,762(n_{NaCl}) + 4107)]C^*, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (1)$$

$$C^{**} = F(n_{Si}) + D, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) получим:

$$C_p = [(0,548(n_{NaCl})^2 - 50,762(n_{NaCl}) + 4107)] [F(n_{Si}) + D], \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (3)$$

Коэффициенты уравнения (3), F и D приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты F и D уравнения (3) для исследуемых электролитов при температуре  $T_1=353\text{K}$  и атмосферном давлении

№№	Образцы	F, Дж/ (кг·К%)	D, Дж/ (кг·К)
1	( $H_2O + 5\%NaCl$ )+(от 0 до 2,5%Si)	90,063	3837,3
2	( $H_2O + 10\%NaCl$ )+(от 0 до 2,5%Si)	99,166	3699,8
3	( $H_2O + 12,5\%NaCl$ )+(от 0 до 2,5%Si)	110,11	3578,3
4	( $H_2O + 15\%NaCl$ )+(от 0 до 2,5% Si)	100.14	3415,2
5	( $H_2O + 24,26\%NaCl$ )+(от 0 до 2,5%Si)	130.62	3206.2

С помощью уравнения (3), с учетом значений таблицы 1 и выражений, можно численно рассчитать удельную изобарную теплоемкость коллоидных электролитов системы ( $NaCl + H_2O$ ) при различных концентрациях NaCl и кремниевых фуллеренов при атмосферном давлении и комнатной температуре.

### Литература

1. Калеева, А.А., Тимеркаев Б.А., Шамсутдинов Р.С., Сайфут-динов А.И., Шакиров Б.Р. Микродуговой способ синтеза наноструктур кремния./1-ая Всероссийская конференция с международным участием. «Газоразрядная плазма и синтез наноструктур», «КНИТУ-КАИ», Казань, 2020.-С.120-122.
2. Kumar, V. Nanosilicon. Elsevier, Oxford, 2007,- p.368.
3. Gao, Yi, Zeng X.C. M4@Si28, M=Al, Ga...: Metal-encapsulated tetrahedral silicon fullerene //The journal of Chemical Physics- 2005-N.123-p.204325-4.
4. Галашев, А.Й. Термическая неустойчивость фуллеренов кремния, стабилизируемых водородом. Компьютерный эксперимент //ФТП – 2008 – Т.42, N.5 - С.611-617.
5. Ковалевская, Н.С. Теплоемкость водных растворов NaCl / Н.С.Ковалевская// Дис ...к.т.н., М.: МЭИ.-1954.-198с.
6. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей /Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов и др.// Изд-во стандартов, М.,1963.-708с
7. Ohta, M., Maruyama, M., Hayakawa, T. & Nishijo, T. Role of dopant on long-lasting phosphor of strontium aluminate. *J. Ceram. Soc. Jpn* 108, 284-289 (2000).

## **Авторы**

ассистент кафедры «Естественных наук», **Раджабова С.С.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
E-mail:

к.т.н., доцент, **Тиллоева Т.Р.**  
Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими,  
734025, ул. акад. Раджабовых 10а, г. Душанбе, Таджикистан  
E-mail:

д.т.н., профессор, **Зарипова М.А.**  
Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими,  
734025, ул. акад. Раджабовых 10а, г. Душанбе, Таджикистан  
E-mail:

# ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ БЕНЗОЛ+ ЖИДКИЙ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТЫЙ УГЛЕРОД

*Ф.А. Сафарова*

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни

*Дж.Ф. Собиров*

Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрава

*П.М. Сафаров*

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими

В данной статье приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования теплопроводности бензола при различных температурах, давлениях и концентрации жидкого четыреххлористого углерода. Для измерения теплопроводности растворов использована экспериментальная установка, работающая по методу нагретой нити (установка Л.П. Филиппова) и теоретическая модель Максвелла, и профессора Г.Н. Дульнева. Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 4,2%.

**Ключевые слова:** жидкий бензол, жидкий четыреххлористый углерод, теплопроводность, установка Л.П. Филиппова, модель, концентрация, температура.

## Введение

В работе приводится обзор выполненных исследований, опубликованных до 1976г. по теплопроводности бензола [1]. Затем следующими учеными-тепло-физиками 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 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 четыреххлористого 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 системы (жидкий четыреххлористый углерод+бензол) при различных температурах использована экспериментальная установка, основанная на методе нагретой проволоки [2] (установка Л. П. Филлипова). С помощью этой установки можно измерять теплопроводность жидкостей и растворов с погрешностью 4,2%.

### **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 неисследуемых растворов, в данном случае нет 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. Thermophysics.- 1985,-vol.4.- №5.– p.427-438.

7. Сафаров М.М.,Гусейнов К.Д. Теплофизические свойства простых эфиров в широком интервале параметров состояния. Душанбе,1996. -196с.(монография)

### **Авторы**

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни, **Сафарова Ф.А.**  
734002, г. Душанбе пр.Рудаки-121.

Телефон:

E-mail:

Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрава, **Собиров Дж.Ф.**  
735140, г. Бохтар, пр.Айни-62.

Телефон:

E-mail:

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, **Сафаров П.М.**  
734025, г. Душанбе, пр.Раджабовых 10а.

Телефон:

E-mail:

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ WiMAX

*И.Т. Оджимаматов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

*Ш. Р. Даминов*

Таджикский технический университет им. М.С. Осими

В данной работе были приведены вероятностно-временные характеристики протокола WiMAX с фиксированным форматом кадра, полученные с помощью численно-аналитического метода баланса интенсивностей нагрузок, отображающие некоторые возможности для повышения эффективности этого протокола. Зависимость времени задержки от интенсивности входной нагрузки при изменении числа тактов, отведенных под абонентские данные, наглядно демонстрирует необходимость динамической адаптации формата кадра в процессе изменения нагрузки.

**Ключевые слова:** технология WiMAX, протокол IP, MAC-протокола стандарта IEEE 802.16., VoIP, QoS

Внедрение широкополосного доступа в интернет является одним из приоритетных направлений развития информационных технологий.

На сегодняшний день наиболее перспективной технологией беспроводного широкополосного доступа является технология WiMAX, которая позволяет обеспечивать беспроводные сети для передачи различных видов информации (это потоки голоса и передачи данных, соединения по протоколу IP, передача речи через IP (VoIP) и т.д.) с хорошим качеством обслуживания каждого сервиса (QoS – Quality of Service). Такие сети, в ближайшем будущем, могут стать хорошей альтернативой существующим в настоящее время беспроводным, а также сотовым сетям связи.

Для повышения эффективности и производительности необходимо разработать методы анализа и оптимизации работы сети WiMAX по протоколу IEEE 802.16. Множественный доступ к MAC (Medium Access Control) мультисервисных сетей, при управлении качеством обслуживания и ресурсами полосы пропускания, определяется системами многомерных распределенных очередей. Такими же системами описывается MAC-протокол беспроводной сети стандарта IEEE 802.16.

Необходимо отметить, что в научно-технической литературе, основные характеристики WiMAX исследованы недостаточно. Некоторые существующие модели рассмотрены в [1-3]. Результаты исследований, которые описаны в этих источниках, получены без учета некоторых основных параметров, характеризующих работу протокола. При этом, очереди полагаются одномерными, бесконечными и без приоритетов. Не учитываются потоки ошибок и повторных перезапросов, входящие потери

вызовов, время распространения, а также разнородность входных потока вызовов.

Для решения задачи анализа вероятностно-временных характеристик (ВВХ) сетей WiMAX, в данной работе приводится численно-аналитический метод баланса интенсивностей нагрузок, который описан в [3] и применявшийся для анализа эффективности мультисервисных мобильных сетей, а также сетей с фиксированными форматами кадров WiMAX в [1-3]. Представлены полученные результаты, характеризующие эффективность MAC-протокола стандарта IEEE 802.16.

Физический уровень стандарта IEEE802.16 организует прямую доставку потока данных между базовой станцией (БС) и абонентской станцией (АС). Задачи, относящиеся к формированию структур данных, а также контроль передачи потоков производятся на MAC-уровне (Medium Access Control).

Оборудование стандарта IEEE 802.16 создаёт транспортную среду для трансляции потоков различных услуг (сервисов). Основная задача уровня MAC – это поддержка механизма различных услуг верхнего уровня. Стандарт IEEE 802.16 предусматривает несколько видов архитектуры сети: «точка-многоточка» (PMP – Point-to-Multipoint), «точка-точка» (PTP – Point-to-Point) и mesh-сеть. [9-10]. На рис. 1 показана схема построения сети «точка-многоточка» (PMP – Point-to-Multipoint), а также PTP в соединении БС и ретранслятора. Абонентские станции взаимодействуют только с БС, передавая по восходящему каналу запросы на выделение или расширение полосы пропускания и данные. По нисходящему от БС каналу абоненты получают полезную информацию, а также предназначенные им потоки данных. Под потоком данных в сетях стандарта IEEE 802.16 – понимается поток пакетов. Пакеты данных, которые формируются на MAC-уровне, называют MAC PDU (MAC Protocol Data Unit).

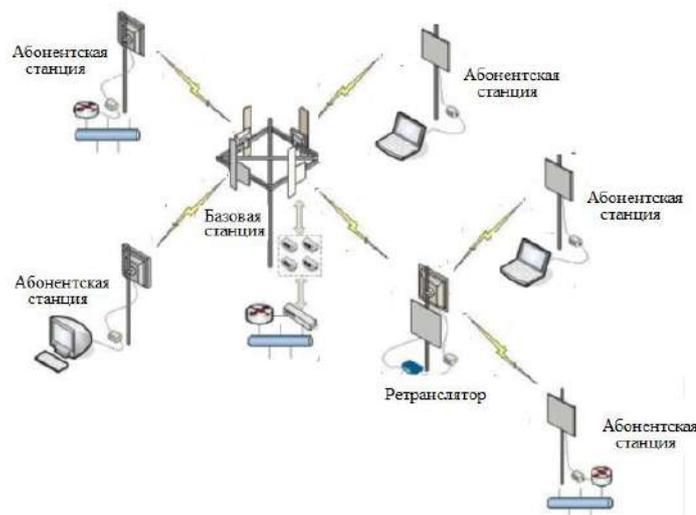


Рис. 1. Пример построения сети точка много точка (PMP)

Пакет включает в себя MAC-заголовок, а также поле для передачи данных, за которым следует контрольная сумма. Заголовок PDU состоит из 6

байт и бывает двух видов – общий и заголовок запроса на выделение полосы (Bandwidth Request - BR). Если пакет содержит поле данных, то используется общий заголовок, который содержит идентификатор соединения (CID), тип и контрольную сумму заголовка, а также информацию о поле (например, длина пакета). Структура пакетов данных MAC PDU показан на рис. 2

Общий MAC-заголовок	Поле данных	Контрольная сумма
---------------------	-------------	-------------------

Рис.2. Пакет данных MAC-уровня стандарта IEEE 802.16

Когда АС просит у БС выделить или расширить полосу пропускания в восходящем канале, тогда используется заголовок запроса полосы (BR), в котором указывается CID и размер требуемой полосы. Передача данных на физическом уровне осуществляется при непрерывной последовательности кадров фиксированной длины. Каждый кадр состоит из двух субкадров – субкадр нисходящего (DL – Downlink – от БС к АС) и (UL – Uplink – от АС к БС) восходящего каналов.

В стандарте IEEE 802.16 предусмотрено пять режимов работы сети – Wireless MAN-SC, Wireless MAN-SCa, Wireless MAN-OFDM, Wireless MAN-OFDMA и Wireless HUMAN. WirelessMAN-SC функционирует в диапазоне 10-66 ГГц и предназначен для магистральных сетей, которые работают в пределах прямой видимости. Остальные режимы предназначены для диапазонов меньше 11 ГГц. Wireless MAN-OFDM и Wireless MANOFDMA – эти новые методы, где применяется OFDM модуляция.

Wireless HUMAN – режим, приспособлен для безлицензионного в диапазоне 5-6 ГГц, здесь применяются те же методы, что и в режимах Wireless MAN-OFDM и Wireless MAN-OFDMA. Более сложную структуру имеют кадры, которые формируются в режиме Wireless MAN-OFDMA [3]. Их структура представлена на рис.3

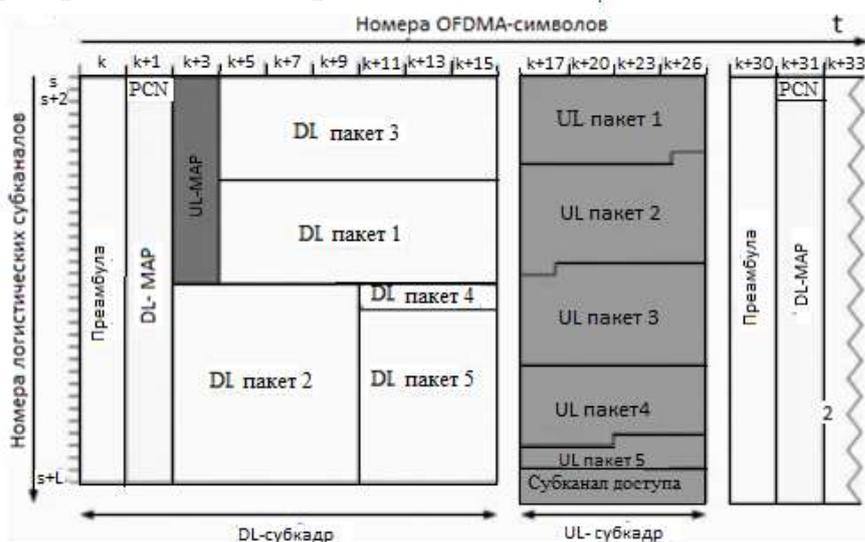


Рис. 3. Структура OFDMA-кадра

Кадр состоит из последовательности OFDMA-символов, каждый из них состоит из набора подканалов. Пакеты данных передаются одновременно на разных OFDMA-подканалах. Основной принцип доступа к ресурсам сети –

это выделение канала по требованию (DAMA – Demand Assigned Multiple Access). Стандарт предусматривает два вида доступа – свободный и контролируемый. При свободном доступе станции на конкурентной основе в выделенном интервале передают свои запросы ресурсов, возможны ошибки, вызванные одновременной передачей запросов несколькими АС. Механизм борьбы с такими ошибками аналогичен механизму backoff в стандарте IEEE 802.11. Фактически, в восходящем субкадре каждой активной станции выделен интервал, в котором она сообщает БС имеются ли у нее данные для передачи, то есть, требуется ли ей полоса пропускания. Для станций, осуществляющих регистрацию в сети впервые, предусмотрены отдельные интервалы конкурентного доступа.

На рис.3 показаны характеристики времени задержки пакетов, передаваемых от абонентов, в зависимости от интенсивности входной нагрузки при изменении количества этих пакетов  $J$ . Кривая показывает, что при увеличении числа информационных тактов, время начальной задержки возрастает (за счет увеличения длительности суперкадра WiMAX). При этом возрастает и пропускная способность, за счет изменения соотношения количества служебных и информационных тактов. Предполагается, что помехи в канале отсутствуют, и требуемая пропускная способность достигается за счет увеличения вероятности переполнения кадра при увеличении входящей нагрузки. При анализе характеристики, приведенных на рис.4, можно заметить, что увеличение интенсивности входящей нагрузки требует динамической адаптации формата кадра, а также увеличения числа информационных тактов. Пунктирной линией на рис.4 отображена характеристика именно такого протокола с динамически оптимизирующийся под нагрузку кадром. [3]

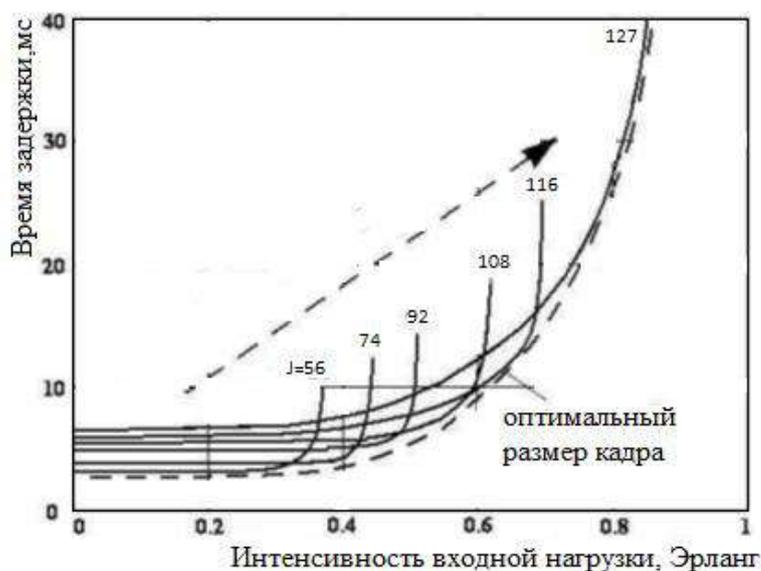


Рис. 4. Зависимость времени задержки пакетов в восходящем канале от интенсивности входной нагрузки, при изменении числа пакетов данных (пунктирной стрелкой показан рост числа пакетов абонентских данных)

Предусмотренные стандартом IEEE 802.16 три формата кадра (0,5; 1; 2 мкс), очевидно, не будут оптимальными во всем диапазоне нагрузок, а это означает, что система WiMAX работает недостаточно эффективно, использует не все свои ресурсы из-за того, что на MAC-уровне не предусмотрена адаптация размера кадра под нагрузку абонентов. Таким образом, остается актуальной задача оптимизации характеристик, которая в нахождении лучшего соотношения интенсивности входной и формата кадра. Еще один способ повысить пропускную способность протокола WiMAX, и, соответственно, его эффективность – это уменьшит затраты на управление доступом. Величина запроса полосы пропускания (Bandwidth Request) по стандарту составляет 6 байт для каждой абонентской станции. На рис.5 представлены зависимости времени задержки от интенсивности входной нагрузки при изменении размера запроса полосы пропускания [3].

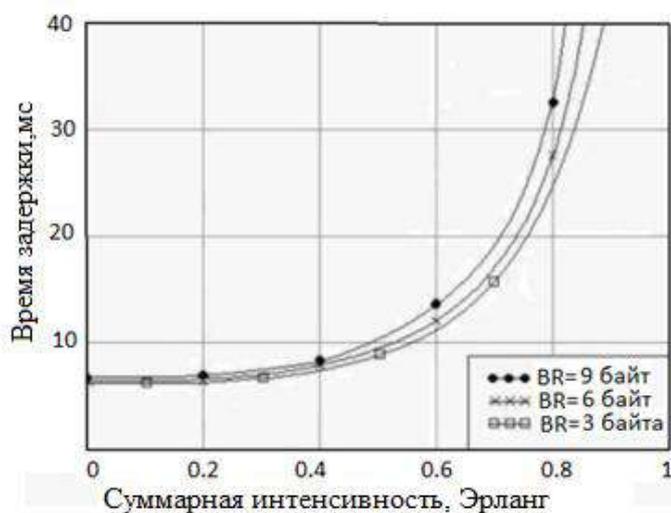


Рис. 5. Зависимость времени задержки пакетов в восходящем канале от интенсивности входной нагрузки, при изменении размера запроса полосы пропускания BR

Графики показывают, что уменьшение затрат на управление доступом приводит к улучшению характеристик задержки, за счет снижения времени начальной задержки (из-за уменьшения размера кадра) и увеличения пропускной способности (благодаря тому, что доля абонентских данных в кадре увеличивается). Численный анализ показывает, что в зависимости от того, сколько тактов в кадре выделяется под передачу информационных пакетов, уменьшение размера запроса полосы пропускания BR с 6 до 3 байт улучшает пропускную способность на 2-11%. Характеристики MAC-протокола стандарта WiMAX с фиксированным форматом кадров, предполагается, что шумы в канале отсутствуют, и на характеристики задержки влияют только размеры кадра (и, соответственно, возникающая в случае недостаточного числа информационных тактов вероятность переполнения кадра). В реальном случае, в радиоканале существуют множество помех, из-за которых возникают ошибки. При анализе вероятностно-временных характеристик методом баланса интенсивностей нагрузок эти ошибки можно учесть с помощью коэффициента смешанных переспросов [3]

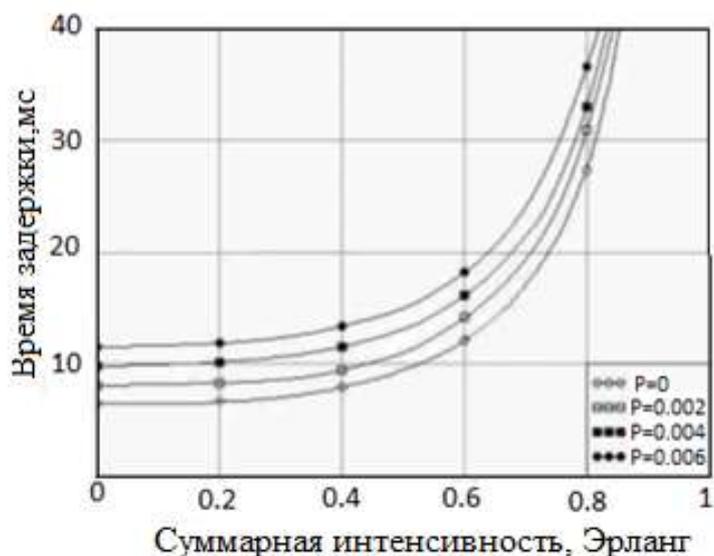


Рис. 6. Зависимость времени задержки пакетов в восходящем канале от интенсивности входной нагрузки, при изменении вероятности битовых ошибок

На рис. 6 показано влияние ошибок на характеристики времени задержки пакетов стандарта IEEE 802.16, полученные при заданных выше условиях. Анализируя эти зависимости, можно отметить увеличение начальной задержки и уменьшение пропускной способности при ухудшении условий распространения радиоволн. Это связано с увеличением числа смешанных переспросов, вызванных ошибками при передаче пакетов, которое влияет на длительность цикла обслуживания, и, соответственно, определяет величину времени задержки. Ухудшение показателей задержки заметно даже при малом времени распространения, очевидно, что увеличение времени распространения сигналов вызовет значительную деградацию этих характеристик.

В данной работе были приведены вероятностно-временные характеристики протокола WiMAX с фиксированным форматом кадра, полученные с помощью численно-аналитического метода баланса интенсивностей нагрузок, отображающие некоторые возможности для повышения эффективности этого протокола. Зависимость времени задержки от интенсивности входной нагрузки при изменении числа тактов, отведенных под абонентские данные, наглядно демонстрирует необходимость динамической адаптации формата кадра в процессе изменения нагрузки.

Аналогичная зависимость, при изменении размера управляющих пакетов, также показывает возможность увеличения пропускной способности канала за счет уменьшения этого размера (это возможно при использовании более эффективных методов множественного доступа). Незначительное ухудшение распространения радиоволн приводит к росту числа переспросов, и, соответственно, к увеличению начальной задержки и снижению пропускной способности, даже при малом времени распространения сигналов. Увеличение времени распространения привело бы к более серьезным изменениям показателей качества.

## Литература

1. А. Б. Мархасин, “Задачи анализа и оптимизации мультисервисных мобильных сетей”, Автометрия, 2008, т. 44, №5, с.123- 134.
2. Дроздова В.Г. Анализ вероятностно-временных характеристик протоколов MAC беспроводных сетей класса WiMAX с фиксированными форматами кадров, 10-я международная конференция-семинар по микро/нанотехнологиям и электронным приборам EDM’2009, с. 153-156.
3. В. Вишневский, С. Портной, И. Шахнович, «Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G», Москва: Техносфера, 2009. – 472 с.

### Авторы:

к.ф.-м.н. **Оджимамадов И.Т.**

ДФ НИУ «МЭИ»

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

Телефон/факс: 935927396

E-mail: [imom-i@ru](mailto:imom-i@ru)

Ст.пр **Даминов Ш.Р.**

ТТУ им М.С. Осими

734042, г. Душанбе, пр. академиков Раджабовых, 10.

Телефон/факс:919002575

E-mail: [d\\_shamshod@mail.ru](mailto:d_shamshod@mail.ru)

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ НИКЕЛЬ-АЛЮМИНИЕВЫХ И МЕДНО- ЦИНКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

*Э.Ш. Тауров*

Национальный исследовательский университет "МЭИ" Филиал в г.Душанбе

*М.М. Сафаров, Т.Р. Тиллоева*

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Статья посвящена экспериментальное исследование теплоемкости никель-алюминиевых и медно-цинковых твердых катализаторов и концентрации составных компонентов. Проведены соответствующие измерения данных параметров никель-алюминиевых и медно-цинковых катализаторов с отличием друг от друга концентрацией составных компонентов в интервале температур (298-673) К.

**Ключевые слова:** теплоемкость, температура, удельной теплоемкость, концентрация, никель-алюминиевые катализаторы, плотность, медно-цинковые катализаторы

Теплофизические характеристики материалов и веществ из-за отсутствия универсальной теории при выполнении комплексных исследований делает невозможным проведения прогнозов этих параметров с достаточной степенью точности. Расчетные же способы не всегда бывают эффективными. Это и является главной причиной применения экспериментальных способов, которые считаются практически единственно точным источником достоверной информации.

На стенде экспериментального исследования теплопроводности и теплоемкости, представленной еще профессором Е.С. Платуновым, нами были проведены соответствующие измерения данных параметров никель-алюминиевых и медно-цинковых катализаторов с отличием друг от друга концентрацией составных компонентов в интервале температур (298-673) К. Результаты экспериментальных исследований по удельной теплоемкости опытных образцов приведены в таблицах 1 - 3.

Из таблицы 1 и рисунка 1 видно, что температурный рост от 298К до 673К становится следствием роста теплоемкости образцов в среднем на ~21,2 %. По мере роста концентрации второго компонента (Al) при температуре 673К теплоемкость увеличивается на ~ 31%. На рисунке 2 мы видим незначительные скачки, которые можно объяснить как следствие перехода частиц (стружек) в более близкое расстояние из-за роста температуры. По нашему предположению температурный рост становится причиной вытеснения воздуха из пор и межчастичного пространства со стороны стружек, которые с увеличением этого параметра в некоторой степени сближаясь повышают плотность системы (незначительно), вследствие чего

на рисунке мы наблюдаем некие «впадения», которые с дальнейшим ростом температуры стремятся вновь к увеличению.

Таблица 1

Экспериментальные значения теплоемкости ( $C_p$ , Дж/(кг·К)) никель-алюминиевых катализаторов в зависимости от температуры и концентрации составных компонентов

n, % T, K	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
293	813,8	786,6	758,7	715,2	669,8	623,6	578,6	536,4	489,6
323	826,9	794,3	776,3	729,7	688,4	638,9	589,6	548,3	502,6
373	842,2	801,9	789,9	744,6	699,0	656,6	604,3	559,9	515,3
398	856,4	833,6	799,8	763,7	713,5	667,9	626,6	581,4	530,8
423	878,2	843,7	802,5	769,4	713,3	684,6	638,5	598,1	544,1
473	888,1	839,6	813,2	784,2	736,9	698,7	646,6	596,3	560,1
498	893,1	856,2	817,3	776,3	738,9	703,6	668,8	612,3	570,8
523	914,6	882,5	838,6	789,3	746,3	712,4	679,6	643,3	597,6
573	923,5	893,6	856,4	810,7	769,6	723,3	686,9	664,3	620,6
598	933,6	901,2	874,6	832,3	796,1	751,4	708,5	679,9	635,6
623	948,8	911,3	889,6	851,3	806,7	774,8	726,7	684,4	647,5
648	972,9	928,7	908,4	886,2	833,4	783,6	739,4	697,4	653,0
673	981,7	956,4	927,1	893,6	844,3	797,6	766,9	728,3	680,6

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 теплоемкости ( $C_p$ , Дж/(кг·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	803	772	748	706	654	609	562	537	479
313	810	776	751	710	660	618	570	545	487
333	817	782	756	717	672	627	581	558	492
353	826	785	760	726	677	635	590	564	509
373	832	800	766	735	686	649	600	570	504
393	838	807	768	740	689	653	610	585	518
413	850	813	771	746	692	660	621	596	529
433	857	820	776	749	700	669	625	602	535
453	964	830	782	752	708	675	636	610	542
473	875	838	786	758	717	684	648	622	550
493	884	845	791	764	729	695	660	633	560

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).

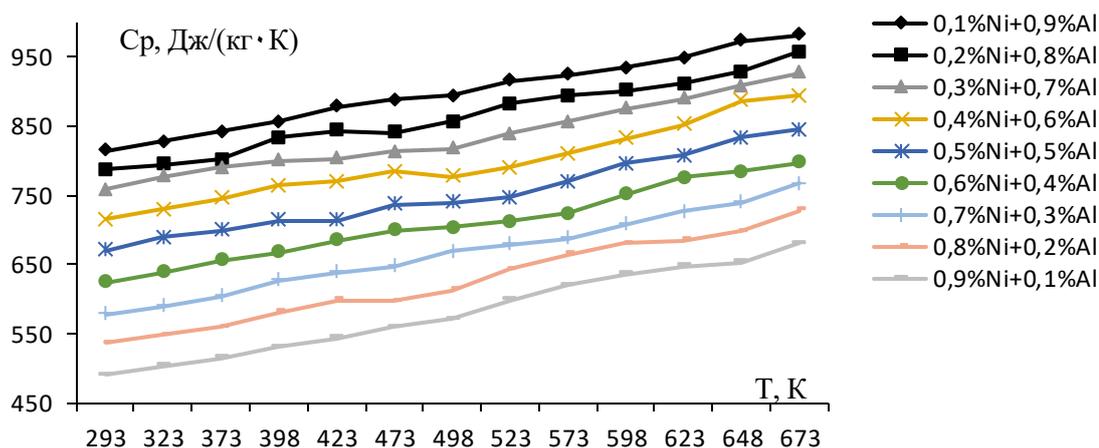


Рисунок 1. Зависимость удельной теплоемкости никель-алюминиевых катализаторов (монолит) от температуры, и концентрации составных компонентов при атмосферном давлении. Образец №1-(10%Ni+90%Al); Образец №2-(20%Ni+80%Al); Образец №3-(30%Ni+70%Al); Образец №4-(40%Ni+60%Al); Образец №5-(50%Ni+ 50%Al); Образец №6-(60%Ni+40%Al); Образец №7-(70%Ni+30%Al); Образец №8-(80%Ni+20%Al); Образец №9-(90%Ni+10%Al).

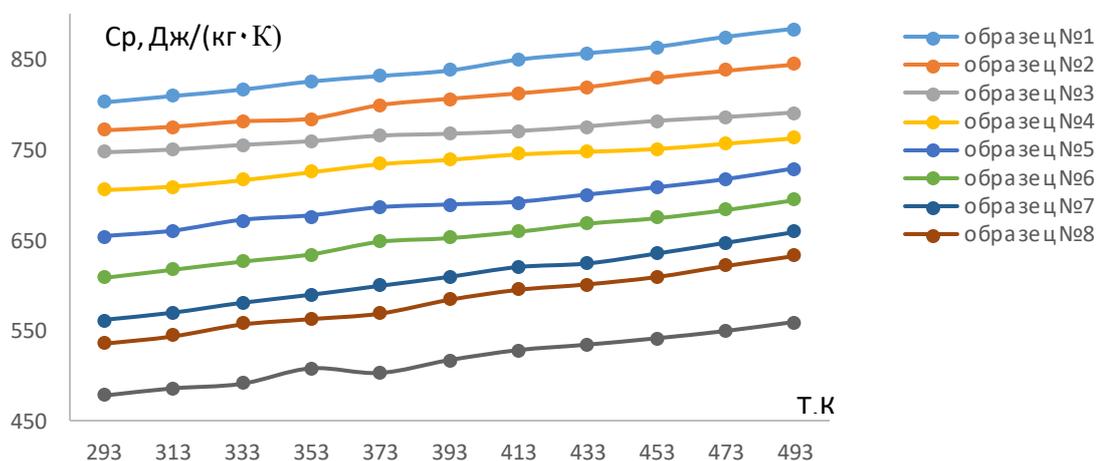


Рисунок 2. Зависимость удельной теплоемкости никель-алюминиевых катализаторов (стружка) от температуры, и концентрации составных компонентов при атмосферном давлении. Образец №1-(10%Ni+90%Al); Образец №2-(20%Ni+80%Al); Образец №3-(30%Ni+70%Al); Образец №4-(40%Ni+60%Al); Образец №5-(50%Ni+ 50%Al); Образец №6-(60%Ni+40%Al); Образец №7-(70%Ni+30%Al); Образец №8-(80%Ni+20%Al); Образец №9-(90%Ni+10%Al).

Из таблицы 3 и рисунка 3 видно, что по мере увеличения температуры от 298К до 673К теплоемкость медно-цинковых катализаторов увеличивается в среднем на  $\sim 11,6\%$ . По мере роста концентрации второго компонента (Zn) при температуре 673К теплоемкость увеличивается на  $\sim 5,25\%$ .

Теплоемкость цинка в зависимости от изменения температуры является такой же, как и для простых металлов. Плотность цинка при увеличении его температуры уменьшается за счет увеличения удельного объема. С точки зрения атомно-молекулярного строения вещества чем плотнее вещество, тем ближе расположены частицы в нем, собственно которые и способствуют быстрой передачи кинетической энергии, следовательно, такому веществу необходимо сообщить меньше тепла, чем тому веществу, в котором частицы расположены значительно дальше друг от друга.

Экспериментальные значения теплоемкости ( $C_p$ , Дж/(кг·К)) медно-цинковых катализаторов в зависимости от температуры и концентрации составных компонентов

n,% T, K	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
298	388,6	388,2	387,8	387,4	387,0	386,6	386,2	385,8	385,4
323	392,2	391,8	391,3	390,8	390,4	389,9	389,4	388,9	388,5
348	396,6	395,9	395,4	394,8	394,2	393,5	392,9	392,3	391,7
373	398,9	398,4	397,9	397,4	396,9	396,3	395,8	395,3	394,8
398	402,1	401,6	401,1	400,6	400,2	399,7	399,2	398,7	398,2
423	405,8	405,3	404,7	404,2	403,7	403,2	402,7	402,1	401,6
448	409,5	408,8	408,2	407,6	406,9	406,3	405,7	405,0	404,4
473	412,9	412,2	411,4	410,6	409,8	408,9	408,1	407,3	406,5
498	416,6	415,7	414,7	413,8	412,8	411,8	410,9	409,9	408,9
523	421,5	420,2	418,9	417,7	416,5	415,2	413,8	412,7	411,5
548	426,7	425,2	423,6	422,1	420,5	418,9	417,4	415,9	414,3
573	429,9	428,4	426,7	425,1	423,5	421,9	420,3	418,6	417,0
598	434,2	432,3	430,3	428,4	426,5	424,6	422,7	420,7	418,8
623	438,9	436,8	434,6	432,5	430,4	428,2	426,1	423,9	421,75
648	443,8	441,3	438,8	436,3	433,8	431,3	428,8	426,3	423,8
673	449,8	446,8	443,8	440,9	437,95	435,1	432,1	429,1	426,2

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).

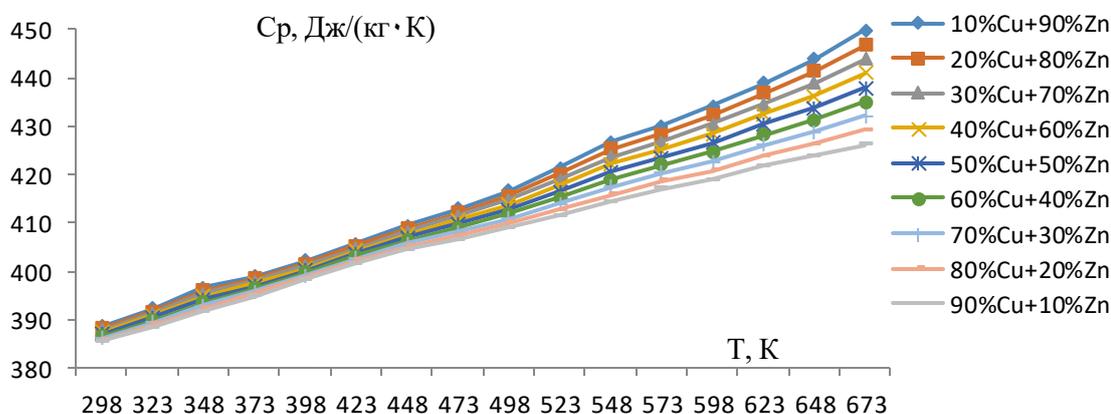


Рисунок 3. Зависимость удельной теплоемкости медно-цинковых катализаторов (монолит) от температуры, и концентрации составных компонентов при атмосферном давлении.

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)

Таким образом, изменение концентрации цинка в сторону увеличения в составе смеси вносит свой вклад, за счет относительно большей теплоемкости цинка в сравнении с медью.

**Вывод:** Показано, что с ростом температуры от 298К до 673К теплоемкость никель-алюминиевых катализаторов увеличивается на ~21,2%, а с повышением концентрации второго компонента (Al) при T=673К она увеличивается на ~31%. С ростом температуры от 298К до 673К теплоемкость медно-цинковых катализаторов увеличивается на ~11,6%, а с увеличением концентрации второго компонента (Zn) при T=673К теплоемкость увеличивается на ~5,25%

### 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. Сафаров М.М., Ризоев С.Г., Кобулиев З.В. Влияние кремния на поведение тепло и электрофизические свойства алюминиево – медно – сурияных сплавов. Монография. Душанбе, 2016, ООО «Ходжи Хасан». -144с.
4. Исмагилов, З.Р. Механизм гетерогенно-гомогенных реакций полного окисления на твердых катализаторах // Катализ и катализаторы: Фундаментальные исследования института катализа им. Г.К. Борескова / Под ред Р.А. Буянова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998.- С. 27-29.
5. Matros, Yu.Sh., Noskov A.S., Chumachenko V.A., Goldman O.V. Theory and application of unsteady catalytic detoxication of effluent gases from sulfur dioxide, nitrogen oxides and organic compounds // Chem. Eng. Sci. 1988. V. 43. -P. 2061-2066.
6. Matros, Yu.Sh. Catalytic process under unsteady – state conditions // Elsevier. 1989.p. 369-376.
7. 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:

к.т.н., **Тауров Эмонуддин Шарифович**

Национальный исследовательский университет "МЭИ", филиал в г. Душанбе

телефон/факс: (+992) 919 99 33 23, (+992) 918 84 04 34

email: [taurov79@mail.ru](mailto:taurov79@mail.ru)

д.т.н., профессор **Сафаров Махмадали Махмадиевич**

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

телефон/факс: +992 931631585

e-mail: [mahmad1@list.ru](mailto:mahmad1@list.ru)

к.т.н., и.о. доцент **Тиллоева Тахмина Рустамовна**

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

телефон/факс: +992 004336533

e-mail: [tahmiyfl7@mail.ru](mailto:tahmiyfl7@mail.ru)

# ИЗМЕНЕНИЯ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НОВЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ИСТОРИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

*М.И. Смирнова, Л.Н. Демидионова*

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

В статье рассматриваются новые аспекты преподавания «Истории России» в связи с изменениями, внесенными в ФГОС ВО и «Концепцией преподавания истории России для неисторических специальностей и направлений подготовки, реализуемых в образовательных организациях высшего образования» (далее Концепция). Основной акцент делается на анализ основных теоретико-методологических подходов, которые должны быть реализованы при разработке содержания курса.

**Ключевые слова:** Концепция преподавания «Истории России», формирование исторического сознания, трехуровневое построение курса.

## **Новый формат преподавания и изучения истории**

Новый формат преподавания и изучения истории в непрофильных вузах определяется изменениями Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО), внесенными Министерством науки и высшего образования РФ на основании Приказа № 662 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования» от 19 июля 2022 г. (зарегистрирован 7 октября 2022 г.).

Со времен перестройки (вторая половина 1980-х годов) и на протяжении почти 30 лет среди социально-гуманитарных дисциплин исторические курсы подвергались наиболее масштабным изменениям: предлагались разные названия, пересматривались учебные планы и программы, под различные компетенции подгонялись цели и задачи. Главный вектор – постоянное уменьшение часов, которые выделялись на изучение истории, что практически делало невозможным формирование исторического сознания подрастающего поколения, их исторической памяти. Коррективы, которые были внесены во ФГОС ВО третьего поколения, превратили дисциплину «История (история России, всеобщая история)» в откровенную формальность: требование ограничить аудиторную работу до 50%, т.е. до 32 часов из общих трудозатрат (2 з.е., 72 часа) на овладение дисциплиной, привело к уменьшению лекций и семинаров до 16 занятий в семестр. При таком раскладе студенты могли «изучить» отечественную историю вкуче с мировой историей только гипотетически.

Начиная с 1990-х годов преподаватели технических вузов стремились сохранить значимость изучения исторических дисциплин будущими инженерами, осознавая не только образовательную, но и воспитательную

миссию истории. Все болевые точки были озвучены на Первом Всероссийском съезде преподавателей истории в вузах России, организованном Межвузовским центром по историческому образованию в технических вузах при поддержке Министерства образования и науки РФ. Съезд проходил 16-17 ноября 2017 г. На нем присутствовало более 400 делегатов, представлявших все регионы РФ. В принятой резолюции содержалось предложение изменить статус «Истории России» в технических вузах, с учетом той роли, которую играет непрофессиональное историческое образование «в формировании личностного потенциала студентов; в осознании ими правильности выбора и государственной значимости будущей профессии, а также предстоящей трудовой деятельности; в воспитании молодежи в духе патриотизма [1].

В организационном плане изменения ФГОС ВО связаны с требованием ввести с 1 сентября 2023 г. дисциплину «История России», как обязательную для студентов неисторических специальностей и направлений подготовки (уровень бакалавриата). Учебные планы всех образовательных программ должны предусмотреть не менее 4 з.е. (144 часа) на ее освоение, из которых 80% для очной формы и 40% очно-заочной формы обучения – это контактная работа преподавателей со студентами.

### **Концептуальные подходы к содержанию дисциплины**

В содержательном отношении дисциплина «История России» должна быть построена на основании «Концепции преподавания истории России для неисторических специальностей и направлений подготовки, реализуемых в образовательных организациях высшего образования» (далее Концепция). Концепция разрабатывалась с начала 2022 г. рабочей группой, в которую вошли представители Российского исторического общества, Института российской истории РАН, Института всеобщей истории РАН (руководитель – директор ИРИ РАН Ю.А. Петров). Проект Концепции был представлен на Первом национальном форуме преподавателей истории в Тобольске 7 октября 2022 г.

В соответствии с Концепцией цель освоения дисциплины «История России» – это формирование исторического сознания: «Именно историческое сознание является наиболее существенной составляющей гражданской идентичности населения Российской Федерации. Общность в понимании исторического прошлого необходима для обеспечения единства многонационального народа России» [2.С.2].

Общественная экспертиза Концепции выявила наиболее дискуссионных проблемы ее содержания, такие как методология и структура самого проекта, соотношение моделей российской и мировой истории, наполнение разделов конкретным материалом. На V Профессорском форуме 2022 г. «Наука и образование в условиях глобальных вызовов» на отраслевой секции «Исторические науки» представители профессорского сообщества высказали озабоченность по поводу возможностей полноценного освоения нового курса

в столь сжатые сроки, подготовки новых учебных планов, рабочих программ дисциплины «История России», учебников и методических пособий, кадрового обеспечения, финансирования и т.д.

В ходе обсуждения на разных уровнях в Концепцию были внесены более 500 замечаний, дополнений и редакционных правок. В результате проект (92 страницы) увеличился на 14 страниц, прежде всего, за счет материала, касающегося событий всемирной истории, и окончательная версия Концепции составила 106 страниц текста. Экспертный совет Минобрнауки утвердил ее 2 февраля 2023 г. В своем выступлении на заседании Экспертного совета Председатель Российского исторического общества, Директор Службы внешней разведки РФ С.Е. Нарышкин подчеркнул, что тысячелетняя история России – «это наше общее достояние, наше общее наследие», «у каждого молодого человека, живущего в нашей стране, есть неотъемлемое право знать эту историю», и принимаемый документ имеет цель «системного повышения качества преподавания истории в высшей школе» [3].

Концепция устанавливает географические и хронологические рамки курса по истории России.

Географические пределы связываются с современной территорией России, и на каждом историческом этапе с теми территориями, которые входили в состав Российского государства.

Хронологически курс определен «в верхней грани 2022 годом, в нижней грани — временем появления человека на территории России».

В Концепции определяется основное содержание дисциплины «История России», которое фокусируется на историческом опыте строительства российской государственности и осознании того, «что на всем протяжении российской истории сильная центральная власть имела важнейшее значение для сохранения национальной государственности» [2.С.4].

Такой подход делает обоснованным выделение шести основных этапов отечественной истории: Древняя Русь - IX — первая треть XIII века; русские земли с середины XIII до конца XV века; Московское государство XVI–XVII веков; Российская империя XVIII- начала XX века; советская эпоха; современная Российская Федерация.

Анализ Концепции дает возможность выделить ряд теоретико-методологических и концептуальных подходов, которые необходимо учитывать при разработке содержания лекций и семинарских занятий.

По замыслу составителей Концепции, дисциплина «История России» в вузе является интегрированным курсом, в котором должна быть представлена российская и мировая история на проблемном уровне. Учитывая европейское влияние на историю России, предложено усилить внимание контактам с Востоком, странами Азии, Африки, Америки, подчеркивая значение связей с граничащими странами, особенно бывшими союзными республиками. Изложение событий выстраивается на основе исторических источников, историографического обзора, включающего различные точки зрения.

Рассмотрение основных тем предусматривает освещение наиболее важных проблем, их причинно-следственных связей, результатов и значения.

В Концепции обоснована трехуровневая модель построения курса: 1. анализ ключевых проблем российской истории в контексте мирового исторического процесса, их взаимовлияния и взаимозависимости; 2. представление региональной истории и ее синхронизация с историей России; 3. рассмотрение отраслевой истории под углом зрения основных этапов отечественной истории.

При практической разработке дисциплины необходимо учитывать ее мировоззренческую и воспитательную направленность, взаимодействие с проектами «ДНК России», «Без срока давности», связь с новой дисциплиной «Основы российской государственности».

Отраслевой компонент имеет важное значение для дальнейшей гуманитаризации инженерного образования, может служить мостом для «гуманитариев» и «технарей» в объединении их усилий по подготовке высококвалифицированных инженерных кадров.

На кафедре Истории и культурологии НИУ «МЭИ» накоплен большой учебно-методический опыт использования в исторических курсах материалов, связанных с историей российской энергетики и историей Московского энергетического института. Исторический формат развития энергетики будет способствовать формированию у будущих инженеров - энергетиков понимания их роли в современном российском обществе. В истории МЭИ отразились основные этапы развития энергетики и российской истории XX-первых десятилетий XXI в.

### **Заключение**

Изучение истории России в проекции истории отечественной энергетики и конкретного энергетического вуза – НИУ «МЭИ» дает возможность донести до студентов важнейший посыл Концепции – о решающей роли государства на всех этапах российской истории: именно сильная центральная власть обеспечивала и обеспечивает национальную безопасность, поступательное развитие страны, прочность и единство российского общества.

### **Литература**

1. Первый Всероссийский съезд преподавателей истории в вузах России. Материалы //Общероссийская общественная организация «Объединение преподавателей истории в вузах России» URL: <https://www.opivr.ru/Первый-Всероссийский-съезд-преподавателей-истории-в-вузах-России/>

(дата обращения 15.06.2023).

2. Концепция преподавания истории России для неисторических специальностей и направлений подготовки, реализуемых в образовательных организациях высшего образования. URL <https://minobrnauki.gov.ru/Концепция1.pdf>. (дата обращения 15.06.2023).

3. В Минобрнауки России утвердили Концепцию преподавания истории России для неисторических специальностей и направлений подготовки // Министерство науки и

высшего образования. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-ministerstva/63748> (дата обращения 15.06.2023).

**Авторы:**

Д.и.н., проф., профессор кафедры Истории и культурологии, **Смирнова М.И.**

НИУ «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

Телефон/факс: 8 (495) 362-74-23

E-mail: SmirnovaMI@mpei.ru

Доцент кафедры Истории и культурологии, **Демидионова Л.Н.**

НИУ «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14

Тел. 8(495) 362-74-23

E-mail: DemidionovaLN@mpei.ru

# О КЛАССИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ МОДЕЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ВТОРОГО ПОРЯДКА

*М. Гадозода, Х.М. Хафизов*

ТГУ им. акад. М. Осими

В докладе рассматривается начально-краевая задача для модельного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка в ограниченной многомерной области, и его единственное классическое решение представляется в виде многомерного абсолютно и равномерно сходящегося ряда Фурье.

**Ключевые слова:** классическое решение, ряд Фурье, собственные значения, собственные функция, уравнения согласования.

В докладе рассматривается модельного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка вида:

$$\left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial u}{\partial t} + u \right)^{2n-1} = \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} + \frac{2}{x_j} \cdot \frac{\partial u}{\partial x_j} \right)^{2n-1}, \quad (1)$$

где  $n \in N$  – заданное натуральное число,  $t \in [0, T]$ ,  $T > 0$ ,

$\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in \bar{\Omega} = \{(x_1, x_2, \dots, x_m) : 0 < x_j < b_j, (j = \overline{1, m})\} \in R^m$ ,  $u(t, \bar{x})$  – неизвестная функция.

В работе [1] изучалась операторного уравнения вида

$$(Lu)^k = \sum_{j=1}^m (L_j u)^k,$$

откуда при заданных дифференциальных операторах

$$L = \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial t} + 1, L_j = \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} + \frac{2}{x_j} \cdot \frac{\partial}{\partial x_j}, k = 2n - 1, n \in N, (j = \overline{1, m})$$

следует уравнение (1).

Ранее нами были исследованы смешанные краевые задачи для подобного уравнения (1) и полученные результаты были опубликованы в работах [2-8].

В ограниченной многомерной области изучается начально-краевой задаче для модельного уравнения (1). Для этого к уравнению (1) присоединим начальные и граничные условия:

$$u(0, \bar{x}) = \varphi(\bar{x}), \frac{\partial u}{\partial t}(0, \bar{x}) = \psi(\bar{x}), \quad \bar{x} \in \bar{\Omega} \quad (2)$$

$$\begin{cases} u(t, \bar{x}) - \text{ограничена при } x_j \rightarrow +0, (j = \overline{1, m}); \\ \left. \frac{\partial u}{\partial x_j}(t, \bar{x}) \right|_{x_j=b_j} = 0, \quad t \in [0, T], (j = \overline{1, m}), \end{cases} \quad (3)$$

$\varphi(\bar{x}), \psi(\bar{x})$  – заданные непрерывно дифференцируемые в  $C(\bar{\Omega})$  функции.

Классическое решение задачи (1)-(3) будем исследовать методом Фурье, т.е. методом разделения переменных [9-10]. Пусть

$$u(t, \bar{x}) = T(t) \cdot X(\bar{x}) \quad (4)$$

и подставляя в (1) и разделяя переменных, получаем для  $T(t)$  обыкновенное дифференциальное уравнение вида

$$T''(t) + T'(t) + (1 + \lambda)T(t) = 0 \quad (5)$$

а для функции  $X(\bar{x})$  следующую краевую задачу:

$$\sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial^2 X}{\partial x_j^2} + \frac{2}{x_j} \cdot \frac{\partial X}{\partial x_j} \right)^{2n-1} + (\lambda X)^{2n-1} = 0, \quad (6)$$

$$\begin{cases} X(\bar{x}) \text{ - ограничена при } x_j \rightarrow +0; \\ \left. \frac{\partial X}{\partial x_j}(\bar{x}) \right|_{x_j=b_j} = 0, \quad (j = \overline{1, m}). \end{cases} \quad (7)$$

Эту задачу, т.е. (6)-(7) также будем исследовать методом Фурье. Пусть

$$X(\bar{x}) = \prod_{j=1}^m X_j(x_j), \quad (8)$$

и подставляя в (6)-(7) и разделяя переменных, получаем следующие одномерные задачи типа Штурма – Лиувилля, на собственные функции и собственные значения:

$$X_j''(x) + \frac{2}{x_j} \cdot X_j'(x_j) + \mu_j X_j(x_j) = 0, \quad (9)$$

$$\begin{cases} X_j(x_j) \text{ - ограничены при } x_j \rightarrow +0, \\ X_j(b_j) = 0, \quad (j = \overline{1, m}), \end{cases} \quad (10)$$

где  $\mu_j (j = \overline{1, m})$  – постоянные разделения переменных, связанные с  $\lambda$  соотношением

$$\sum_{j=1}^m \mu_j^{2n-1} = \lambda^{2n-1},$$

так называемых уравнением согласования.

Пусть  $\mu_j > 0, (j = \overline{1, m})$ , тогда общие решения уравнений (9) представляется в виде

$$X_j(x_j) = C_{1j} \cdot \frac{\cos \sqrt{\mu_j} x_j}{x_j} + C_{2j} \cdot \frac{\sin \sqrt{\mu_j} x_j}{x_j}, \quad (j = \overline{1, m}).$$

где  $C_{1j}, C_{2j}, (j = \overline{1, m})$  - произвольные постоянные.

Из условия ограниченности (10) следует, что  $C_{1j} = 0; C_{2j} \neq 0 (j = \overline{1, m})$ .

Далее, из второго условия (10) получаем

$$X_j'(b_j) = C_{2j} \cdot \frac{\sqrt{\mu_j} b_j \cdot \cos \sqrt{\mu_j} b_j - \sin \sqrt{\mu_j} b_j}{b_j^2} = 0,$$

или  $C_{2j} \neq 0; \operatorname{tg} \sqrt{\mu_j} b_j = \sqrt{\mu_j} b_j, (j = \overline{1, m})$ .

Пусть  $\sqrt{\mu_j} b_j = \alpha_{k_j}$ ,  $k_j \in N$ ,  $(j = \overline{1, m})$  где  $\alpha_{k_j}$  -последовательное положительные корни уравнений

$$tg x_j = x_j, (j = \overline{1, m}).$$

Следовательно, собственные значения краевые задачи (9)-(10) таковы:

$$\mu_{k_j} = \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} \right)^2, k_j \in N (j = \overline{1, m}),$$

а соответствующие им собственные функции представляются в виде

$$X_j(x_j) = \frac{1}{x_j} \cdot \sin \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} x_j \right), k_j \in N, (j = \overline{1, m}).$$

Таким образом, собственным значениям

$$\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m} = 2^{n-1} \sqrt{\sum_{j=1}^m \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} \right)^{2(2n-1)}} \quad (11)$$

соответствует в силу (8) ортогональные с весом  $\rho(\bar{x}) = \bar{x}^2 = \prod_{j=1}^m x_j^2$  собственные функции

$$X_{k_1, k_2, \dots, k_m}(\bar{x}) = \prod_{j=1}^m \frac{1}{x_j} \sin \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} x_j \right).$$

Собственным значениям  $\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m}$  -определяемым формулой (11), также представляется решение уравнения (5) в виде

$$T_{k_1, k_2, \dots, k_m}(t) = \{ A_{k_1, k_2, \dots, k_m} \cdot \cos \frac{\sqrt{4\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m} + 3}}{2} t + B_{k_1, k_2, \dots, k_m} \cdot \sin \frac{\sqrt{4\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m} + 3}}{2} t \} \exp \left( -\frac{t}{2} \right),$$

где  $A_{k_1, k_2, \dots, k_m}$ ,  $B_{k_1, k_2, \dots, k_m}$  -произвольные постоянные.

Возвращаемся теперь к решению основной задачи (1)-(3). Из частных решений, в силу (4) составляем многомерный ряд

$$u(t, \bar{x}) = \prod_{j=1}^m \sum_{k_j=1}^{\infty} \left\{ A_{k_1, k_2, \dots, k_m} \cdot \cos \frac{\sqrt{4\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m} + 3}}{2} t + B_{k_1, k_2, \dots, k_m} \cdot \sin \frac{\sqrt{4\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m} + 3}}{2} t \right\} \times \\ \times \frac{1}{x_j} \sin \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} x_j \right) \exp \left( -\frac{1}{2} t \right), \quad (12)$$

где  $A_{k_1, k_2, \dots, k_m}$ ,  $B_{k_1, k_2, \dots, k_m}$  -являются коэффициентами Фурье функции  $\varphi(\bar{x})$ ,  $\psi(\bar{x})$  при разложении по полной ортогональной системе собственных функций  $X_{k_1, k_2, \dots, k_m}(\bar{x})$  в пространстве  $C(\bar{\Omega})$  и определяются формулами

$$A_{k_1, k_2, \dots, k_m} = \prod_{j=1}^m \frac{1 + \alpha_{k_j}^2}{\alpha_{k_j}^2 b_j} \int_0^{b_j} \frac{\varphi(\bar{x})}{x_j} \sin \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} x_j \right) dx_j; \quad (13)$$

$$B_{k_1, k_2, \dots, k_m} = \prod_{j=1}^m \frac{1 + \alpha_{k_j}^2}{\alpha_{k_j}^2 b_j} \int_0^{b_j} \frac{\varphi(\bar{x}) + 2\psi(\bar{x})}{x_j \sqrt{4\lambda_{k_1, k_2, \dots, k_m} + 3}} \sin \left( \frac{\alpha_{k_j}}{b_j} x_j \right) dx_j \quad (14)$$

Имеет место

**Теорема.** Пусть  $\varphi(\bar{x}), \psi(\bar{x}) \in C^1(\bar{\Omega}) \cap C^2(\Omega)$  и удовлетворяет условиям:

$\varphi(\bar{x}), \psi(\bar{x})$ -ограничены при  $x_j \rightarrow +0, (j = \overline{1, m})$ ;

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x_j}(\bar{x}) \right|_{x_j=b_j} = 0; \left. \frac{\partial \psi}{\partial x_j}(\bar{x}) \right|_{x_j=b_j} = 0 (j = \overline{1, m}).$$

Тогда функция  $u(t, \bar{x})$ -определяемая рядом (12), где  $A_{k_1, k_2, \dots, k_m}, B_{k_1, k_2, \dots, k_m}$  - коэффициенты Фурье, определяемые формулами (13), (14) будет единственным классическим решением рассматриваемой задачи (1)-(3).

## Литература

1. Юнуси М. Об одном классе модельных уравнений с экстремальными свойствами / М. Юнуси // Вестник ТНУ. серия математика. -2004.-№ 1. -С. 128-135.
2. Гадозода М. Смешанная краевая задача для модельного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка. / М. Гадозода // Вестник ТНУ.-2017. №1(4). С. 26-28.
3. Гадозода М., Хафизов Х.М. Смешанная краевая задача для дифференциального уравнения в частных производных второго порядка с постоянными коэффициентами. / М. Гадозода, Хафизов Х.М. // -Вестник ТНУ. Серия: естественные науки. -2019. -№1. -С.79-83.
4. Гадозода М., Хафизов Х.М. Масъалаи омехтаи канорӣ барои як муодилаи дифференсиалии моделӣ бо ҳосилаҳои хусусии тартиби сеюм. / Гадозода М., Хафизов Х.М. // -Политехнический вестник. Серия: Интеллект, Инноватсия, Инвестиции.-№3(55),- Душанбе: ТТУ им. акад. М.С.Осими, 2021. -с. 5-9.
5. Гадозода М. Масъалаи омехта барои муодилаи дифференсиалии бо ҳосилаҳои хусусии тартиби дуум. / Гадозода М. // -Политехнический вестник. Серия: Интеллект, Инноватсия, Инвестиции.-№4(56),- Душанбе: ТТУ им. акад. М.С.Осими, 2021. -с.5 -8.
6. Гадозода М., Хафизов Х.М. Об обобщенном решении смешанной задачи для модельного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка. / Гадозода М., Хафизов Х.М. // - Материалы Международной конференции “Современные проблемы математического анализа и теории функций” посвященной 70-летию академика НАН Таджикистана Шабозоа Мирганда Шабозовича. Душанбе, 24-25 июня 2022г., с. 220-224.
7. Гадозода М. Масъалаи омехтаи канорӣ барои як муодилаи дифференсиалии моделӣ бо ҳосилаҳои хусусии тартиби дуум. / Гадозода М. // -Политехнический вестник. Серия: Интеллект, Инноватсия, Инвестиции.-№4(60),- Душанбе: ТТУ им. акад. М.С.Осими, 2022. -с.5 -8.
8. Гадозода М. Масъалаи омехтаи канорӣ чинси сеюм барои муодилаи дифференсиалии бо ҳосилаҳои хусусии тартиби дуум. / Гадозода М. // -Политехнический вестник. Серия: Интеллект, Инноватсия, Инвестиции.-№2(62),- Душанбе: ТТУ им. акад. М.С.Осими, 2023. -с.5 -9.
9. Тихонов А.И., Самарский А.А. Уравнения математической физики / А. И. Тихонов, А. А. Самарский // -М.: «Наука», 1977.-736с.
10. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики. /А.В. Бицадзе // -М.: «Наука», 1976.-296с.

## **Авторы:**

к.ф.-м.н., доцент **Гадозода М.**  
ТТУ им. акад. М. Осими  
734042, г. Душанбе,  
проспект академиков Раджабовых, 10.  
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. Осими  
734042, г. Душанбе,  
проспект академиков Раджабовых, 10.  
Телефон/факс +992 908883030  
E-mail: [hafizov7171@mail.ru](mailto:hafizov7171@mail.ru)



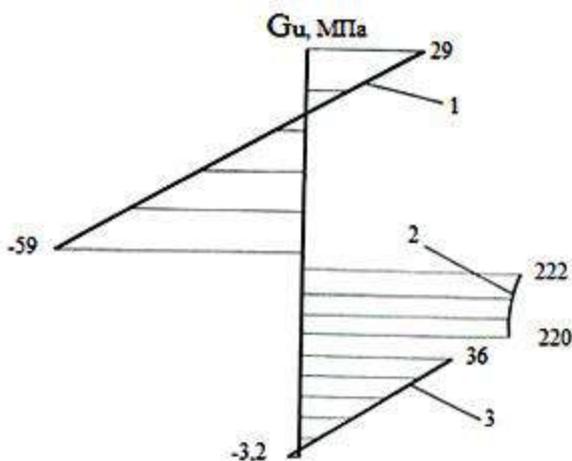


Рисунок 2. Графики изменения напряжений  $\sigma_u$  по толщине соединения:  
 1-кристалл кремния (толщина 0,46мм); 2-золото-эвтектический припой (толщина 0,016мм); 3-основание (ковар, толщина 0,21мм).

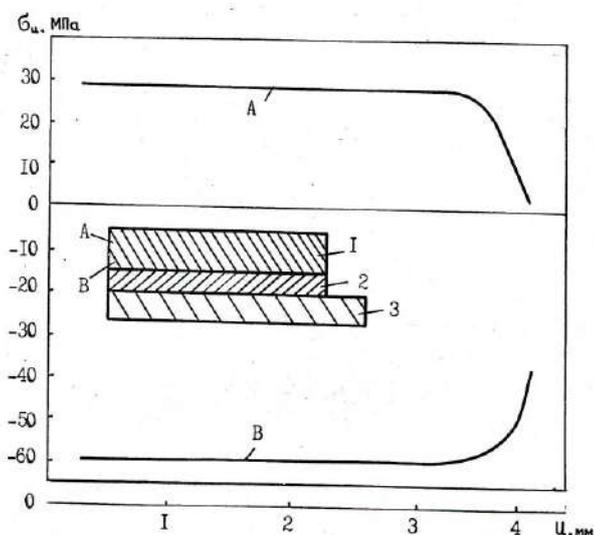


Рисунок 3. Графики изменения напряжений  $\sigma_u$  в кристалле во внешнем слое (A) и около спая (B):  
 1-кристалл кремния;  
 2-золото-эвтектический припой;  
 3-основание;  
 A-внешний слой;  
 B-слой около спая

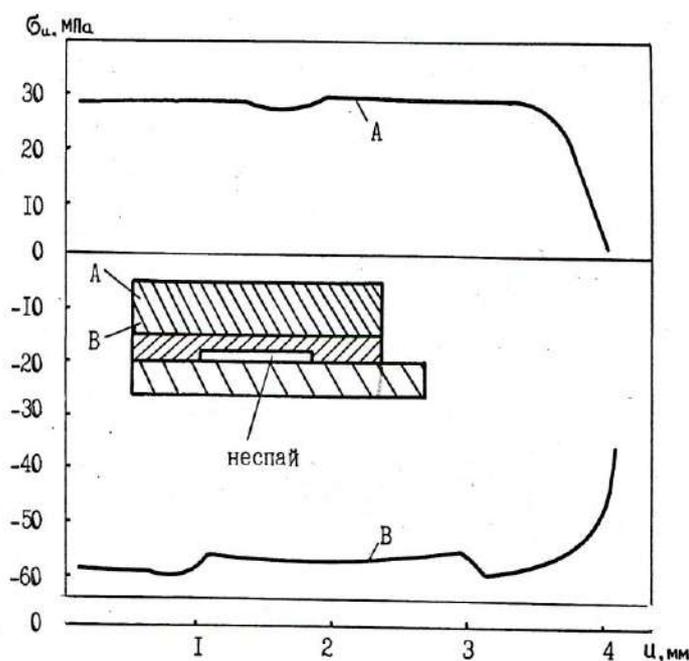


Рисунок 4. Графики изменения напряжений  $\sigma_u$  в кристалле кремния при наличии неспая.  
 A-внешний слой;  
 B-слой около спая

Появление дефектов приводит к неоднородному распределению напряжений. На рисунках 4 и 5 представлено изменение напряжений по длине

кристалла при наличии в паяном шве неспая. Неоднородность напряжений более выражена в слое пограничном со спаем. Концентрация напряжений в кристалле у неспая не превышает 9%.

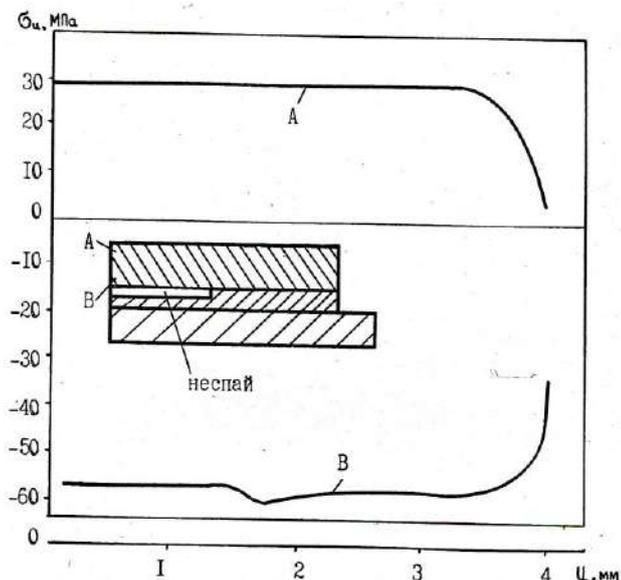


Рисунок 5. Графики изменения напряжений  $\sigma_{и}$  в кристалле кремния при наличии неспая. А-внешний слой; В-слой около спа

Влияние непропая на НДС в кристалле показано на рисунках 6 и 7. Появление в шве двух пор резко увеличивает неоднородность распределения напряжений, появляются множественные пики в распределении напряжений в слое кристалла около спа, концентрация напряжений составляет 15 ... 50%. Увеличение размеров непропая приводит к повышению концентрации напряжений. В то же время, на поверхности кристалла наблюдается достаточно монотонный характер распределения напряжений – концентрация напряжений не превышает 15%.

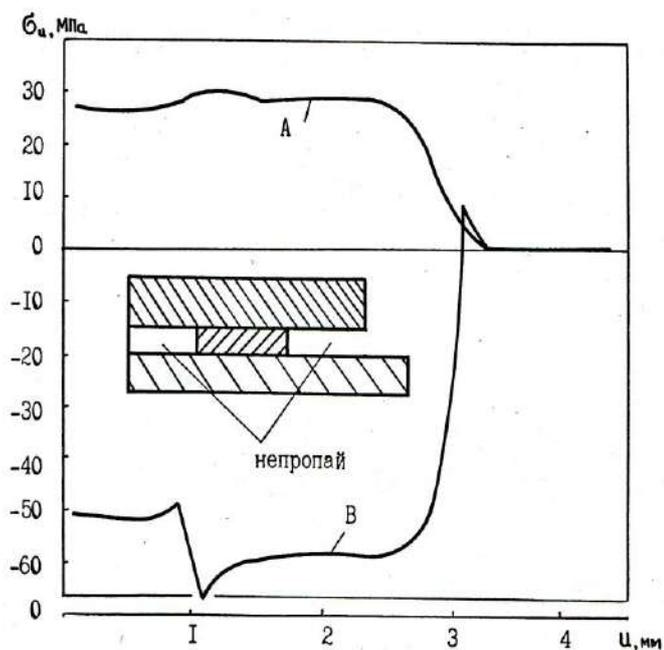


Рисунок 6. График изменения напряжений  $\sigma_{и}$  в кристалле при наличии непропая. А-внешний слой; В-слой около спа

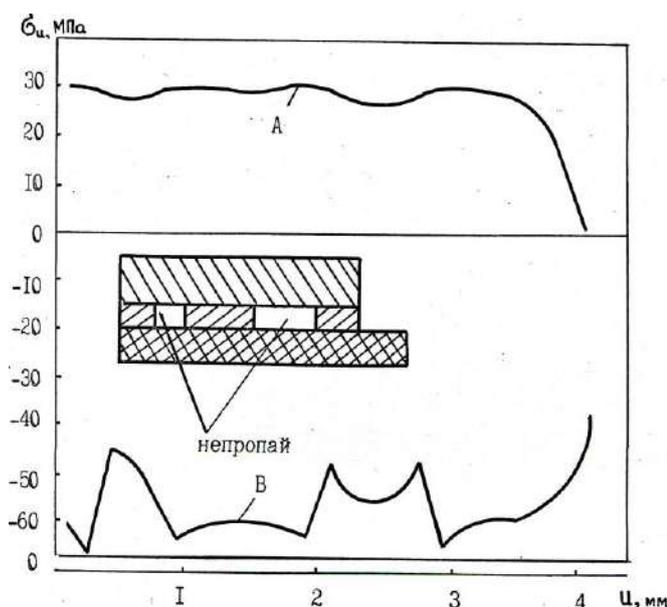


Рисунок 7. График изменения напряжений  $\sigma_u$  в кристалле при наличии непропая.  
 А-внешний слой;  
 В-слой около спаев

Наибольшую опасность представляют закрытые трещины в кристалле кремния. Исследовали влияние вертикальной и наклонной, под углом  $45^\circ$ , трещин длиной 0,15 и 0,2 мм, соответственно, которые берут начало от спаев. Трещины в кристалле приводят к неоднородному напряженному состоянию. Так, коэффициент концентрации напряжений в кристалле с вертикальной трещиной составляет  $K_\sigma \cong 3,2$ , в паяном шве  $K_\tau \cong 1,5$ .

Для определения критического напряжения  $\sigma_{кр}$ , при котором трещина становится опасной, использовали критерий Гриффитса в виде

$$\sigma_{кр} = \sqrt{2E\gamma/\pi} \quad (1)$$

где  $\gamma$  – удельная поверхностная энергия материала кремния.

**Заключение.** Установлено, что для вертикальной трещины  $\sigma_{кр} = 11,3$  МПа, а для наклонной  $\sigma_{кр} = 9,55$  МПа, что существенно меньше расчетных напряжений в вершине трещины. Расчет с использованием критерия Гриффитса показывает, что в кристалле кремния допустимы трещины величиной не более 0,01 мм. Одна сквозная трещина в кристалле фактически эквивалентна соединению двух деталей уменьшенного размера. Поэтому распределение напряжений  $\sigma_u$  сохраняет свою монотонность. Сочетание двух дефектов в виде сквозной трещины и поры, также не вызывает заметной концентрации напряжений.

### Литература

1. Дододжанов А.А., Миррахматов С.Ш. Конечно-элементные модели паяных соединений микроэлектронных устройств. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования №2 (58). Душанбе, 2022. С.117-120.
2. Миррахматов С.Ш., Раджабова С.С. Исследование напряженно-деформированное состояние кристаллов интегральных схем. Материалы международной научно-практической конференции Энергетика Таджикистана. Проблемы энергоснабжения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии

посвященная 90-летию плана ГОЭЛРО. -Душанбе. Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г.Душанбе, 2021. С.253-257.

3.Миррахматов С.Ш. Повышение механической устойчивости структурно-неоднородных паяных соединений элементов микроэлектронных устройств. Дисс.канд.техн.наук. –М.: МИЭТ, 1992. -189с.

### **Авторы:**

к.т.н., доцент **Миррахматов С.Ш.**  
Филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе  
734002, г.Душанбе ул.Мехнат, д.86  
Тел. +992 (93) 533-19-61  
E-mail: [mirrahmatov61@mail.ru](mailto:mirrahmatov61@mail.ru)

к.п.н., доцент **Дододжонов А.А.**  
Филиал НИУ «МЭИ» в г.Душанбе  
734002, г.Душанбе ул.Мехнат, д.86  
Тел. +992 (93) 737-04-60

# ГЕНИЙ ВЕЛИКОГО ПУШКИНА В ГЕРОЯХ РОМАНА «ЕВГЕНИЙ ОНЕГИН»

*Н.Ш. Кахарова*

Таджикский международный университет иностранных языков  
имени Сотима Улугзода

В данной статье автор рассматривает важные вопросы освещения гениального произведения русского классика А.С. Пушкина роман «Евгений Онегин», анализирует характеры главных героев, основные характеристики Татьяны Лариной и Евгения Онегина даны автором статьи в литературно-художественном анализе. Автор характеризует особенности взаимоотношений между молодыми людьми, раскрывает особенности пейзажной лирики, значение описательности в раскрытии характеров главных героев романа.

**Ключевые слова:** гений, великий, Пушкин, герой, роман, Евгений Онегин

Основу романа А.С. Пушкина «Евгений Онегин» составляют взаимоотношения двух основных героев — Евгения и Татьяны. Если проследить эту сюжетную линию на протяжении всего произведения, можно условно выделить две части: Татьяна и Онегин; Онегин и Татьяна. Определяющим в этом разделении является главенствующая роль персонажей в возникновении и развитии любовного чувства. В начале романа мы становимся свидетелями знакомства Евгения и Татьяны. Он — умудренный жизнью, порядком уставший от столичной суеты, вполне уверенный в своей правоте молодой человек. Однако его уверенность, как оказалось, имеет под собой довольно скользкую почву:

... рано чувства в нем остыли;  
Ему наскучил света шум;  
Красавицы не долго были  
А. С. Пушкина «Евгений Онегин»  
Предмет его привычных дум;  
Измены утомить успели;  
Друзья и дружба надоели...

Все это признаки болезни, которая по-английски называется сплином, а по-русски — хандрой. По словам автора, Онегин спокойно относился к этому состоянию, в том смысле, что

Он застрелиться, слава богу,  
Попробовать не захотел.  
Но к жизни вовсе охладел.

В это время Онегину представился случай изменить сложившееся положение вещей: отец его умер, оставив после себя огромные долги, а дядя оказался при смерти. Решение Евгения созрело мгновенно: он оставил кредиторам имение отца, а сам переехал в имение дядюшки, находившееся в деревенской глуши, вдали от столичной суеты. Татьяна не была знакома с городской суетой. В ее жизни было два учителя: сладостные романы и

народные предания. Увидев загадочного, неприступного Онегина, Татьяна тотчас влюбилась. Еще бы, ведь в ее избраннике «счастливой силою мечтанья» воплотились наиболее романтические и мужественные герои ее любимых книг:

Татьяна любит не шутя  
И предается безусловно  
Любви, как милое дитя.

Томимая любовной тоской, Татьяна решается на отчаянный шаг — признаться во всем объекту своего поклонения. Обратимся к письму Татьяны, которое нам нравится уже с первых строчек: у него такое удивительно простое начало. Во второй части письма Татьяна говорит о своих душевных переживаниях, связанных с потребностью в необычном, большом чувстве, с романтической мечтой об идеальном и необыкновенном герое:

Зачем вы посетили нас?  
В глуши забытого селенья  
Я никогда не знала б вас.  
Не знала б горького мученья.

Девушка, с одной стороны, жалуется, что судьба послала ей возмутителя ее душевного спокойствия, но, с другой стороны, поразмыслив о своей возможной судьбе («По сердцу я нашла бы друга, была бы верная супруга и добродетельная мать»), Татьяна решительно отбрасывает возможность брака с одним из провинциальных женихов, потому что полюбить Петушкова или Буянова она не смогла бы. И Татьяна с неожиданной, быть может, для нее самой откровенностью и смелостью говорит о том, кем является для нее Онегин: он послан Богом, он до гроба ее ангел-хранитель, о котором она уже знала давно:

Ты в сновиденьях мне являлся,  
Незримый, ты мне был уж мил,  
Твой чудный взгляд меня томил,  
В душе твой голос раздавался.

Но все это происходило отнюдь не во сне, все это было реальностью, ибо когда Онегин первый раз прибыл в гости к Лариным, Татьяна его узнала. Тон письма становится более задушевым и доверительным. Все, что есть лучшего в ней, Татьяна переносит на своего избранника. И еще одна немаловажная деталь: Татьяна воспринимает Онегина как защитника. Здесь, в родной семье она себя чувствует одиноко, ее никто не понимает:

Но так и быть!  
Судьбу мою Отныне я тебе вручаю,  
Перед тобою слезы лью,  
Твоей защиты умоляю.

Получив послание Татьяны, Онегин был тронут ее искренностью, нежностью, но в глубине души он боялся, что не оправдает этих трепетных надежд. Заметим: на мгновение в нем вспыхнуло чувство, отдаленно напоминающее любовь, но оно тут же угасло. Эгоизм и индивидуализм Онегина, так ясно поступившие в первом объяснении героев, упоминаются поэтом еще в эпиграфе к роману:

«Проникнутый тщеславием, он обладал» сверх того еще особенной гордостью, которая побуждает признаваться с одинаковым равнодушием как в своих добрых, так и дурных поступках, — следствие чувства превосходства, быть может мнимого». Дальнейшие события романа свидетельствуют о том, что эти качества стали преобладающими в характере Онегина. Непонятная злость толкает его на предательство друга. Дуэль с Ленским становится поворотным этапом в судьбе и Онегина, и Татьяны.

Изменился ли Онегин за время своих странствий? Скорее всего, действительно изменился, о чем свидетельствует его письмо и вспыхнувшее с невероятной силой чувство к Татьяне. Равнодушие ко всему, жизнь только для себя не дали ему удовлетворения. Свое счастье и спасение Онегин теперь видит в любви:

...Внимать вам долго, понимать  
Душой все ваше совершенство,  
Пред вами в муках замирать.  
Бледнеть и гаснуть... вот блаженство!

Но проблема состоит в том, что кардинальные изменения произошли и с Татьяной. Она смиренно переняла правила «игры-жизни», навязанные ей не столько окружающим ее обществом, сколько человеком, которому она доверяла и которого просила стать своим защитником. Став княгиней, Татьяна осталась той же прежней, бедной Таней, однако она мастерски научилась прятать свои искренние чувства за маской отчуждения и недоступности.

В конце концов Татьяну раздосадовало эгоистическое отношение к ней Онегина, который, как раньше, так и теперь не смог разглядеть ее истинных чувств и достоинств. Как личности, Татьяна и Евгений равны друг другу. Более того, они достойны друг друга, и на этом в значительной мере построен сюжет романа, показывающий их невольное влечение друг к другу. Но, быть может, не следует осуждать автора за то, что их судьбы не соединились.

Ведь нашу жизнь составляет не столько ожидаемое, сколько реализованное, — то, что действительно произошло и оставило свой отпечаток в нашей душе, уме, сердце. В этом плане отношения Татьяны и Евгения сыграли большую роль в жизни каждого из героев — у них произошла кардинальная переоценка ценностей и перестановка жизненных акцентов

Сопоставим три образа еще в одном отношении: сравним цели и устремления этих героев. Ленский, может быть, и стал бы поэтом с большим общественным резонансом, хотя Пушкин более вероятным предполагал другой вариант его жизненного пути. Не будь этой злополучной дуэли, он через неделю женился бы на Ольге: день свадьбы уже был назначен. Женившись, он явно ушел бы в тихие радости семейной жизни. Провинциальный помещный быт засосал бы его. Во всяком случае, по предположению Пушкина, при подобном существовании в провинциальной глуши наиболее вероятным вариантом жизненного пути является утрата большой, общественно значимой цели.

Но большой цели не было и у Онегина, хотя он имел возможность соприкоснуться с теми правящими верхами, где многие из решений

отзывались на судьбе народа и государства. А какую цель могла поставить перед собой Татьяна? Ведь служение обществу все еще оставалось недоступным для женщины в самодержавно - крепостнической России 1820-х годов. Татьяна видит свой долг в утверждении нравственной чистоты. Личные жертвы она приносит ради сохранения твердости перед соблазнами светского общества.

Современники Пушкина (как, впрочем, и многие из критиков впоследствии) полагали, что одного этого недостаточно для безоговорочно положительной оценки Татьяны. Но Пушкин не мог, не нарушая логики ее духовного развития, наделить Татьяну таким гражданским пафосом, каким обладали декабристы. Разумеется, ему было известно, когда он работал над последними главами романа, об отъезде некоторых из жен декабристов вслед за мужьями в Сибирь, на каторгу, рискуя утратить законные права и привилегии.

Однако и такие героические поступки все еще оставались в сфере семейно-бытовых отношений. А о прямом участии женщин в освободительном движении Пушкин не знал и еще не мог знать. Только через тридцать лет после его гибели появятся женщины-революционерки, которые стреляли в императорских слуг, организовывали заговоры против царей и участвовали в пропаганде революционных учений.

Для понимания авторского замысла необходим даже такой, казалось бы, третьестепенный персонаж, как Зарецкий. Это не «служебный» персонаж, нужный для дальнейшего течения событий: передал Онегину вызов Ленского на дуэль, соприкоснулся на поединке, удостоверил, что один из соперников убит честно, без подвоха – «по всем правилам» – и в сторону! В шестой главе ему отведено пять строф для развернутой характеристики. Еще в нескольких строфах он появляется как действующее лицо. Так зачем он понадобился Пушкину?

Во-первых, в его образе представлен еще один из типов русской жизни, обнаруженный Пушкиным. Бывали тогда так называемые бретеры — любители провоцировать дуэли, бездумно убивавшие своих нечаянных противников иногда за сущие пустяки. Были разгульные, но и беззаветно храбрые гусары наподобие Дениса Давыдова. А были и бездарные подражатели им. Пушкин не скрывал своего отношения к этим жалким, но небезопасным людишкам, пытавшимся играть роль фатальных натур. Авторское отношение сказывается в отборе определений, в метафорах, в особых сравнениях, которые честный человек посчитал бы унижительными для себя.

Порой расчетливо повздорить,  
Веселой шуткою, враньем.  
Друзей поссорить молодых

Ничего себе шуточки! Не только ирония тут звучит, но и высказывается нескрываемое презрение поэта. Правда, он перед тем сказал о том, будто бы Зарецкий «исправился», стал «добрым и простой отец семейства холостой». Но и в этой оговорке прорывается сарказм. А иначе как понять это

на первый взгляд бессмысленное замечание: «отец семейства холостой»? Пушкин отлично знал о такой теневой стороне крепостнического быта и впоследствии в неоконченном романе «Дубровский» еще раз упомянет о многочисленных дворовых мальчиках, необычайно похожих на богатого и безнравственного помещика Троекурова.

Зарецкий понадобился Пушкину не только для умножения портретной галереи романа. У него есть еще одна роль: он способствует течению событий в направлении к дуэли. Он делает ее неотвратимой. Ведь был же возможен иной, мирный исход нелепой размолвки Ленского с Онегиным! Между ними не существовало непримиримой вражды. Пушкин размышлял о возможности иного варианта. Пока мнимые враги стоят в ожидании результата переговоров Зарецкого с онегинским камердинером (маленькая месть этому шкодливому буяну — уравнивать его со слугой!), поэт в двадцать восьмой строфе излагает свои раздумья.

Такое было возможно. И дуэльный кодекс не возбранял примирения перед началом схватки. Но в присутствии Зарецкого мирный исход невозможен. Пушкин заметил:

Но дико светская вражда  
Бойся ложного стыда.

Зарецкий не только карикатурное воплощение светских понятий о чести — он еще и сплетник. Если раньше он охотно стравливал молодых людей, то теперь он, «осклабят взор», передает вызов Онегину. И тому понятно, что Зарецкий ославит его, если он проявит человечность, если попытается успокоить Ленского.

Откуда мы берем это категоричное утверждение? Из текста романа. Помните, как Онегин отвадил почти всех окрестных помещиков являться к нему? И как они, разобидевшись, обозвали его «фармазоном» и сочинили на его счет разные небылицы? Так вот теперь сказано, что для злоязыкого Зарецкого он сделал исключение: «Он с удовольствием, бывало, видался с ним». Бывший светский шалопай и «картежной шайки атаман» еще оставался чем-то близок бывшему светскому повесе и «почетному гражданину кулис». Образ Зарецкого понадобился Пушкину не только для того, чтобы дать новый толчок и особый поворот событиям. Такую, в сущности, чисто служебную роль в сюжетном действии романа исполняет один лишь безымянный муж Татьяны в финале. А за образом Зарецкого в перспективе встает та часть светской толпы, или «черни», которую автор не просто презирал, но и ненавидел и которую обличал не раз в эпиграммах и в лирических стихотворениях. Он был не одинок в своем отношении к этой части правящего сословия. Вспомним у Лермонтова: «Свободы, Гения и Славы палачи!» — восклицал он в стихотворении «Смерть поэта» (1837). Вспомним, как резко отзывался о фамусовско - скалозубовском сообществе герой комедии Грибоедов «Горе от ума». А отношение самого Грибоедова к ним видно из развития действия: лучшего, умнейшего, честнейшего из своей среды они осмеяли, ославили сумасшедшим и практически изгнали вон. А еще ранее клеймил подобных дворян Радищев, осмеивал Сумароков, с негодованием и смехом изобразили Новиков и Фонвизин.

Значительное место в лирике поэта занимают стихи, посвященные любви и дружбе. Пушкин был необычайно талантливым человеком. Среди его талантов есть особые: умение дружить и умение любить. Для Пушкина основной опорой в жизни были близкие друзья. Поэт ценил не только любовь, но и дружбу, был человеком очень общительным, жизнерадостным. Любовь и дружба для поэта неразделимы. Пушкин обладает пылкой душой. Его сердце любит оттого, что «не любить оно не может».

Роман «Евгений Онегин» даже через много лет ни один человек не сможет забыть. Этот роман А. С. Пушкина легко читается, многие строки запоминаются.

Роман «Евгений Онегин» — самое крупное произведение Пушкина. Сам автор довольно часто высказывает свои мысли на страницах романа.

Благодаря таланту, идеям Пушкина роман «Евгений Онегин» является исторической ценностью. Безусловно, основной темой в романе является любовь, дружба, судьба человека. Онегин — герой, обобщающий собой все, что поэт пытался сказать в ранних произведениях. Герой романа — не выдумка автора, а вполне реальный человек, жизнь и судьба которого определена его личными качествами. Он устал от жизни, чувства его охладели:

Онегин, несмотря на все, стоит на высоком уровне культуры и образованности того времени. Онегина не удовлетворяет та жизнь, которую он ведет, «науки страсти нежной» больше не прельщают его. Героя мучает пустота жизни, он разочарован в ней:

С душою, полной сожалений,  
И, опершись на гранит,  
Стоял задумчиво Евгений,  
Как описал себя пиит.

Евгений Онегин — человек с душой старика, с потухшими чувствами. Пушкин пишет о своем герое:

Убив на поединке друга,  
Дожив без цели, без трудов  
До двадцати шести годов,  
Томясь в бездействии досуга  
Без службы, без жены, без дел,  
Ничем заняться не умел.

Однако, несмотря на это, он человек мыслящий, независимый, но, в отличие от Грибоедовского, Чацкого, ему не свойственны романтические чувства. Герой не пытается добиться больших изменений, он лишь «задыхается в своей среде». Автор подчеркивает, что его герой способен к возрождению, это не совсем потухший человек, в нем еще кипят силы жизни. Сердце и душа Онегина еще не омертвели, они открыты для настоящей, чистой любви.

Гениальность романа в стихах «Евгений Онегин» подразумевает раскрытие непревзойденности таланта великого Пушкина. Лирические образы Лариной и Онегина раскрыты в лучших традициях русской классической

литературы 19 века. Безусловно, «Евгений Онегин» литературно-историческая ценность, бесценная кладезь в развитии и становлении русской классики.

### Литература

1. Белинский В. Г. Сочинения А. С. Пушкина: статьи восьмая девятая – о Евгении Онегине- В кн: Белинский В. Г. Собрание сочинений. В 9-ти т. М. 1981, т 6.
2. Белинский В.Г. полн. Собр. соч. – т. 7.
3. Благой Д.Д. Мастерство Пушкина М. 1955.
4. Бродский Н. Л. «Евгений Онегин». Роман А. С. Пушкина пособие для учителей средней школы 5-е изд.М. 1964.
5. Долинина Н. Г. Прочитаем Онегина вместе. Заметки о романе А. С. Пушкина «Евгений Онегин» Л, 1968, 2-е изд.
6. Керн А.Н. Воспоминания. Дневник. Переписка. - М., 1974.
7. Кюхельбекер В. К. Путешествие. Дневник. Статьи. М., 1977.
8. Лермонтов М.Ю. Собр. соч. В 4-х т. М., 1964.
9. Лотман Ю. М. Роман А. С. Пушкина «Евгений Онегин» Комментарии. Пособие для учителя.2-е изд.
10. Маймин. Е. А. А.С. Пушкин. Жизнь и творчество. М. 1992.
11. Макогоненко Г.П. «Евгений Онегин» - А.С. Пушкина. М. 1963.
12. Мейлах Б. С. «Евгений Онегин» - В кн.: Пушкин. Итоги и проблемы изучения. М-Л, Р1966
13. Морозов П.О. Шифрование стихотворения. «Пушкин и его современники», вып. XIII, 1910.
14. Одинокое В.Г. «И даль свободного романа», Новосибирск, 1983.
15. Писарев Д. И. Пушкин и Белинский: в кн. Писарев Д. И. сочинения в 4-х т., М.,1956.
- 16.Чернышевский Н. Г. А.С. Пушкин- в кн: Чернышевский полн. собр. соч. в 5-ти т. М. 1947.

### Автор:

старший преподаватель кафедры  
«Теория и история русской литературы» **Кахарова Навраста Шукурбоевна**  
Таджикский международный университет  
иностраннных языков им. Сотима Улугзода  
734019, г. Душанбе, ул. Мухаммадиева, 17/6  
E-mail: [Salmonjon16@mail.ru](mailto:Salmonjon16@mail.ru)

# КОНЦЕПТ «МЕХНАТ» (ТРУД) В ПАРЕМИОЛОГИЧЕСКОМ ФОНДЕ ТАДЖИКСКОГО ЯЗЫКА

*С.Ш. Хабибов*

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

В статье автор затрагивает вопросы, связанные с репрезентацией концепта «мехнат» (труд) в паремиологическом фонде таджикского языка. Эти выражения являются важной составляющей паремиологической картины мира, отражая языковой феномен национально-культурного наследия таджикского народа.

«Мехнат» (труд) несёт глубокий смысл и значение и существует огромное количество фразеологизмов, пословиц и поговорок, которые раскрывают понятие «мехнат» в таджикском языке, некоторые из которых анализируются в данной статье.

**Ключевые слова:** паремиологический фонд, языковая картина мира, пословицы и поговорки, лексикографический анализ, фразеологические единицы, когнитивное образование, языковая репрезентация

Паремиологический фонд таджикского языка отражает многовековую мудрость и опыт народа, а также его представления о трудовой деятельности, быте и культуре. В паремиях наиболее ярко выражена национальная специфика и самобытность языка, которые передают дух и уникальность таджикской нации.

Слово в паремиологическом фонде является особо важным и значимым. Паремии, фразеологизмы, пословицы и поговорки, связанные с «мехнат», не только обогащают язык, но и придают выразительность и образность речи.

Эти выражения отражают глубокое понимание и уважение к труду как неотъемлемой части жизни, передают ценности, связанные с настойчивостью, упорством, преданностью и ответственностью в работе, выражают уважение к человеку труда.

Паремиологическая картина мира представляет собой картину мира, выражаемую пословицами, поговорками и фразеологизмами. Паремии представляют собой особую единицу языка, которая выпадает из системы словосочетаний т.е. из реального многообразия возможных словосочетаний, образованные в живой речи [6, с. 33].

Как справедливо отмечала Маслова В.А., «язык — это путь, по которому мы проникаем не только в современную ментальность нации, но и в воззрения древних людей на мир, общество и самих себя. Отзвуки давно минувших лет, пережив века, сохраняются сегодня в пословицах, поговорках, фразеологизмах, метафорах, символах культуры и т.д.» [5, с. 68].

Басова Л.В. считает, что «паремиологический фонд языка в наибольшей степени отражает особенности мировосприятия носителей языка, обусловленные национальной культурой» [3, с.54].

Паремиологическая картина мира каждого народа — это прежде всего способность народа описывать сложные концепции в виде образов. Состав идиом в любом языке — это неисчерпаемый источник образных и ярко выраженных коннотативных выражений, которые помогают распознавать сложные и абстрактные понятия на основе визуальных представлений и образов.

Паремии с компонентом «мехнат» также отражают понимание труда как источника благополучия, процветания и достижений. Они подчёркивают важность усердия, целеустремлённости и постоянного стремления к самосовершенствованию. Пословицы, поговорки и фразеологизмы стимулируют людей к деятельности, вдохновляют на достижение успеха и показывают, что труд является неотъемлемой частью развития и прогресса общества.

Таким образом, паремиологический фонд таджикского языка отражает глубокое понимание и ценность труда в таджикской культуре. Он представляет мудрость народа и его уникальные представления о трудовой деятельности, воплощённые в выразительных и образных формулах. Изучение и использование этих паремий придаёт речи особый колорит, выразительность и обогащает языковую коммуникацию.

Изучение паремий, фразеологизмов и поговорок, связанных с концептом «мехнат» (труд), позволяет увидеть ценностные смыслы, которые социум придаёт этому понятию на разных этапах своего развития. Эти выражения являются важной составляющей паремиологической картины мира, отражая языковой феномен национально-культурного наследия таджикского народа.

«Мехнат» (труд) несёт глубокий смысл и значение и существует огромное количество фразеологизмов, пословиц и поговорок, которые раскрывают понятие «мехнат» в таджикском языке.

Для исследования мы обратились к словарям фразеологизмов, пословиц и поговорок таджикского языка, таким как «Фарҳанги ибораҳои рехтаи забони ҳозираи тоҷик (фарҳанги фразеологӣ)» М.Фозилова, «Таджикские пословицы и поговорки в аналогии с русскими» Я.И. Калонтарова, В результате выделяются основные когнитивные признаки, которые отображают понятие «мехнат» в таджикском языке через паремии:

1. Мехнати имрӯз – роҳати фардост (сегодняшний труд – завтрашний отдых)
2. Мехнат куну ризката ёб (трудись, заработаешь свой хлеб).
3. Мехнат кунӣ – роҳат бинӣ, бекор шинӣ – алам бинӣ (будешь трудиться – увидишь довольство, будешь без дела сидеть – увидишь горе)

*Благородство и достоинство труда:*

1. Мехнат иззату лаззат дорад (в труде почёт и уважение)
2. Мехнат – шараф аст (труд – слава).
3. Мехнат кунӣ – ҳалол кун, ҳосилаша ҷавол кун (если честно потрудиться, урожай мешками соберёшь)

*Постоянство и настойчивость в труде:*

1. Гар ту кунӣ ҳаракат, ёбӣ зари пурқимат (Если будешь стараться, найдёшь драгоценное золото)

2. Зар бе ранҷ нест, роҳат бе меҳнат (Золото не без забот добывается, отдых – не без труда)

3. Имрӯз меҳнат, фардо (пагоҳ) роҳат (Сегодня потрудишься – завтра отдохнёшь)

*Понимание ценности труда, который является неотъемлемой частью жизни и источником процветания и развития:*

1. То даст начунбад, даҳонат намечунбад (Пока руки не двинутся, рот не зашевелится).

2. То меҳнат накунӣ, нон намеёбӣ (Пока не потрудишься, хлеба не добудешь)

3. Роҳат агар чӯӣ, аз ранҷ матарс (Если ищешь довольствия, не пугайся труда).

*Отрицательное отношение к бездельникам, лоботрясам и нахлебникам:*

1. Кӣ кашад чабру чафо, кӣ кунад кайфу сафо (кто терпит страдания и мучается, а кто развлекается и наслаждается).

2. Нарештаву натофта, аз баҳри худо ёфта (не прилагая никаких усилий обрести имущество и другие блага)

3. Аз бекор худо (ҳама) безор (Бог (никто) не любит бездельников)

4. Ду даст дар киса (сидеть сложа руки)

Исследование паремий, связанных с концептом «Меҳнат» (труд), раскрывает ценностную картину мира таджикского народа, его отношение к труду и представления о его роли в обществе. Эти выражения придают языку неповторимый колорит, обогащают культуру речи и позволяют лучше понять и оценить трудовую деятельность в контексте таджикской культуры.

Труд представляет собой неотъемлемую часть нашей жизни, поскольку через него мы приобретаем знания, преодолеваем жизненные трудности, развиваемся и достигаем успеха.

В приведённых паремиях подчёркивается, что упорный и настойчивый труд приносит свои плоды, делая его результативным.

Меҳнат (труд) требует выдержки, самоотверженности и постоянного стремления к самосовершенствованию. Он является фундаментом для достижения высоких результатов в различных сферах жизни, будь то профессиональная деятельность, учёба, спорт или личная жизнь.

Без труда невозможно достичь поставленных целей и реализовать свой потенциал. Он требует настойчивости и терпения, особенно в трудных условиях или в преодолении препятствий на пути к успеху.

Таким образом, концепт «Меҳнат» (труд), рассматриваемый в аксиологическом аспекте, обнаруживает положительную оценку в таджикских паремиях. Труд необходим человеку для приобретения жизненного опыта, развития навыков и достижения целей. Он помогает ограничивать желания, проявлять самоотверженность и самодисциплину.

В «Фарҳанги ибораҳои рехтаи забони ҳозираи тоҷик (фарҳанги фразеологӣ)» (Фразеологический словарь современного таджикского языка) М.Фозилова слово **меҳнат** употреблено в различных формах, фразеологизмах и предложениях 155 раз, что подтверждает высказанное выше мнение об особом месте труда в таджикской культуре.

Приведём в качестве примера некоторые из них:

Ҳалол **меҳнат** кард, аз **меҳнати** ҳалол барака меёбад... Ф. Ниёзӣ «Духтари ҳамсоя» (честно работал и получил выгоду)

Фаҳмидӣ, роҳат бе **меҳнат** муяссар намешавад. Ҷ. Иқромӣ (“Шодӣ”). (нет хорошего отдыха без труда, понял?)

Кадам **меҳнат**? Мо ҳанӯз **меҳнат** накардаем ва барои ҳамин ҳам коре нашуд. Агар дуруст **меҳнат** мекардем, дасти мо боло буд. Ҷ. Иқромӣ (“Шодӣ”) (Какой труд? Мы до сих пор не трудились и ничего не сделали. Если бы работали правильно, добились бы успеха).

Ҳамаи ин майлаш, вай аз кор наметарсид, аз **меҳнат** сар наметофт, агар ўро таҳкир намекарданд, агар ҳар замон ба дили дардноки ў сих намезаданд... Ҷ. Иқромӣ “Духтари отаиш” (Кроме того, он работы не боится, не воротит нос от неё, если бы его не унижали, не ранили его в сердце...)

Дар замонҳои пештара одами **меҳнат** мекардагӣ хор, **меҳнат** намекардагӣ, бекорчиҳо азиз буданд. Киҳо кашанд чабру чафо, киҳо хуранд шаҳду шакар... С. Улугзода “Шодмон” (В прежние времена тот, кто трудился, страдал, а бездельники были в почёте)

- Миёнатон дард накардааст, намедонед, ки дар бинои ин Мадраса чӣ қадар пул сарф шудааст ва он пул аз кучо ва ба чӣ гуна **меҳнат** ба даст даромадааст... С. Айнӣ “Ёддоштҳо”

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что концепт **меҳнат** представляет собой когнитивное образование, отражающее систему представлений и понятий о каком-либо аспекте действительности. Концепт **меҳнат** особенно зависим от языковых репрезентаций. Это объясняется тем, что лексическое понятие “**меҳнат**”, репрезентирующее данный концепт в языке, является абстрактным и обозначает сущность, которая появляется в сознании человека через язык. Исследуемый концепт использует различные языковые средства на разных уровнях, и анализ этих средств позволяет получить представление о содержании концепта **меҳнат** в сознании носителей таджикского языка.

### Литература:

1. Аникин В.П. О логико-семантической классификации пословиц и поговорок // Русский фольклор. М., 1976. № 16. С. 263-278.
2. Апресян Ю.Д. Идеи и методы современной структурной лингвистики. Краткий очерк. М., 1966. 302 с.
3. Басова Л.В. Концепт ТРУД в русском языке (На материале пословиц и поговорок): Дис. ... канд. филол. наук: 10.02.01, Тюмень, 2004
4. Верецагин Е.М., Костомаров В.Г. Национально-культурная семантика русских фразеологизмов // Словари и лингвострановедение. М., 1982. С. 89-98.

5. Маслова В. А. Лингвокультурология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. -- М.: Издательский центр «Академия», 2001. -- 208с
6. Молотков А.И. Основы фразеологии русского языка. Л., 2000. 284 с.
7. Аникин В.П. Русские пословицы и поговорки. М., 1988. 431 с.
8. Абрамов Н. Словарь русских синонимов и сходных по смыслу выражений. М., 1996. 502 с.
9. Зимин В.И., Спирин А.С. Пословицы и поговорки русского народа. Объяснительный словарь. М., 1996. 544 с.
10. Жуков В.П. Словарь русских пословиц и поговорок. М., 1991. 536 с.
11. Мухаммадиев, М. Луғати синонимҳои забони тоҷикӣ / М. Мухаммадиев. – Душанбе: Маориф, 1993.
12. Назарзода, С. Фарҳанги тафсирии забони тоҷикӣ. – Душанбе: 2008 –Т. 1 – 950с.
13. Назарзода, С. Фарҳанги тафсирии забони тоҷикӣ. – Душанбе: 2008 – Т. 2. – 945с.
14. Ожегов С. И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М., 1999. 944 с.
15. Фозилов М. Фарҳанги ибораҳои рехтаи забони ҳозираи тоҷик (фарҳанги фразеологӣ)» - ҷилди 1/ М. Фозилов. – Душанбе, 1963. – 952 с.
16. Фозилов М. Фарҳанги ибораҳои рехтаи забони ҳозираи тоҷик (фарҳанги фразеологӣ)» - ҷилди 1/ М. Фозилов. – Душанбе, 1964. – 807 с.
17. Калонтаров Я.И. «Таджикские пословицы и поговорки в аналогии с русскими» / Я.И. Калонтаров – Душанбе: Ирфон, 1965г. 536 с.

**Автор:**

ст. преп. кафедры социально-гуманитарных наук, **Хабибов С.Ш.**  
НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)  
734002, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзода, д.82.  
Телефон: +992 (934) 83-11-00  
E-mail: samadhab@mail.ru

# ТЕМАТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ БЕЗЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЛЕКСИКИ

*Т.М. Хамидова*

Таджикский международный университет иностранных языков  
имени Сотима Улугзода

В статье автор анализирует тематические группы безэквивалентной лексики, отмечая, что лексико-тематическая классификация слов-реалий имеет немаловажное значение для изучения системы языка. Важность тематической классификации слов-реалий объясняется и тем, что «анализ лексем в отрыве от их предметно-материальной направленности делает их интерпретацию неполной, половинчатой».

Ключевые слова: безэквивалентная лексика, семантика, лексико-семантический анализ, слова-реалии, лингвострановедение, переводоведение, национально-специфические реалии.

В настоящее время в русской и зарубежной лексикологии появилось большое число исследований, посвящённых анализу групп, рядов, микросистем, объединённых на основе семантики. Среди них и тематические группы слов, которые выделяются на основе сходства или общности функций обозначаемых словами предметов и явлений. [7, с.133] и группы названий «однофункциональных предметов действительности, объединённых родовым названием, которое связано с остальными членами группы родовидовыми отношениями» [1, с. 3], или слова, которые объединяются «одной и той же типовой семьей» [2, с. 5]

Лексико-тематическая классификация слов-реалий имеет большое значение для познания семантической системы языка в целом, изучение тематических групп реалий имеет большое значение также в лингвострановедении и в практике преподавания русского языка как иностранного.

Известны многие классификации слов-реалий. А.Е. Супрун [6, 1958] и А.А. Реформатский [5, 1967] в своих работах положили начало тематическому делению слов-реалий.

Таблица А.А. Реформатского построена на предметно-языковом принципе: 1) имена собственные, 2) монеты, 3) должность и обозначение лиц, 4) детали костюма и украшения, 5) кушанья и напитки, 6) обращения и титулы при именах [5, с.139].

Важность тематической классификации слов-реалий объясняется и тем, что «анализ лексем в отрыве от их предметно-материальной направленности делает их интерпретацию неполной, половинчатой» [9, с. 48-52].

Группы и подгруппы национально-специфических реалий могут быть установлены по признаку их принадлежности к той или иной сфере материального быта, духовной жизни человека, общественной деятельности, к миру природы.

А.А. Уфимцева выделяет тематические группы на основе «сходства или общности функций, обозначаемых словами предметов и явлений» [7, с.133]. Изучение различных групп слов, обозначающих предметы и явления окружающей действительности, важно не только само по себе, но и даёт значительные методологические преимущества [8, с.143], существенные для изучения семантической системы языка.

А.Е. Супрун [6, с.102] делит реалии по предметному принципу, определяет тематические группы как группы названий «однофункциональных предметов действительности, объединённых родовым названием, которое связано с остальными членами группы родовидовыми отношениями» [1, с. 5].

С.И. Ожегов выделяет три лексические группы. В первую группу он включает лексику, связанную с обозначением явлений органического и неорганического мира, при этом число групп может быть столь же велико, сколь разнообразны явления реальной действительности.

Вторую группу образует лексика, связанная с развитием технико-экономической структуры общества, с названиями орудий и средств производства. К третьей группе относится лексика, связанная с производственными отношениями людей, с проявлениями их деятельности во всех сферах общественной жизни, в том числе идеологической, моральной, эстетической. С.И. Ожегов отмечает, что реальная жизнь слова прослеживается только в соседстве с ему подобными словами в каком-нибудь смысловом отношении.

В.И. Берков в своей классификации реалий проводит временное деление – в синхроническом и диахроническом плане – по признаку «знакомости» разделяется на два класса, – и переводческое деление, где выделяет реалии, принадлежащие к словарному составу принявшего их языка, и реалии, не вошедшие в лексику [1].

Е. М. Верещагин и В.Г. Костомаров предложили классификацию слов-реалий, где генетические основания сочетаются с тематическими. Они выделяют семь групп слов, характеризующихся национально – культурной семантикой.

Первую и вторую группу составляют советизмы – 1) безэквивалентные слова, относящиеся к советской действительности (*Верховный Совет, исполком, колхоз*); 2) советизмы, относящиеся к новому быту (*парк культуры и отдыха, ордер на квартиру, субботник*); третью группу образуют слова – наименования предметов и явлений традиционного быта (*щи, рассольник, валенки, балалайка*). В четвёртую входят историзмы, т.е. слова, обозначающие предметы и явления, предшествующих исторических периодов (*сажень, ариин, помещик, пристав*). Лексика пословиц и поговорок, фразеологических единиц (*тришкин кафтан, демьянова уха, мартышкин труд*) входит в пятую группу, а в шестую группу – слова из фольклора (*добрый молодец, красна девица, кудесник*). В последнюю, седьмую группу, авторы включают слова нерусского происхождения (*базар, тайга, халат, балык*). [3]

Классификация болгарских учёных С. Влахова и С. Флорина, данная в большом исследовании, посвящённом безэквивалентной лексике, -

«Непереводимое в переводе» - основана на предметном принципе, с учётом признаков их референтов. К предметным реалиям авторы относят географические, этнографические, этнические реалии, меры и деньги, административно-территориальное устройство, явления общественной жизни и военные реалии [4].

Для полной характеристики БЭЛ в произведениях И.С. Тургенева, определения их значения представляется необходимым описать основные тематические группы БЭЛ (в том числе слов-реалий), охарактеризовать их состав и структуру. Подобное изучение тематических групп БЭЛ важно как для лингвострановедения, так и для практики преподавания русского языка иностранным учащимся: «методически важно знать не столько реальный состав групп безэквивалентной лексики, - указывают Е.М. Верещагин и В.Г. Костомаров, - сколько набор самих групп, их общие тенденции, взаимоотношения и роли в речевой жизни современного русского общества» [3, с.27].

Рассмотрим тематические группы БЭЛ в анализируемых произведениях И. С. Тургенева, выделенные с опорой на основные классификационные схемы, представленные в научной литературе по переводоведению и лингвострановедению. СР произведений русских писателей XIX в. образуют 3 основных тематических разряда: 1) общественно-политическая лексика; 2) торгово-экономическая лексика; 3) бытовая лексика; внутри каждого разряда выделяются группы и подгруппы.

Выделение, анализ и описание состава бытовой и общественно-политической лексики (СР) русского литературного языка XIX века на материале произведений И.С. Тургенева показали, что в эти разряды входит соответственно 32 лексических единицы (26 слов и 6 устойчивых словосочетаний).

Особенностью этих разрядов является то, что 32 лексические единицы, входящие в них, являются СР относительно таджикского языка.

Другой особенностью общественно - политических СР является то, что в состав этой группы лексики почти 70% входит слов и словосочетаний терминологического характера (столбовой дворянин, мещанин, статский советник и др.).

В состав этой группы входит довольно большое количество (35%) лексических элементов, заимствованных русским языком из тюркских, иранских языков, а также из греческого, итальянского, голландского, польских языков. 78 % входящих в неё слов являются историзмами.

Понятие БЭЛ является широким по своему содержанию. В состав БЭЛ входят: слова-реалии, термины, аббревиатуры, обращения, звукоподражания, отступления от литературной нормы, авторские неологизмы, семантические лакуны и др. Они не имеют в ПЯ эквивалентов аналогичного уровня, и для передачи их значения требуется применение различных переводческих трансформаций.

## Литература

1. Берков В.П. Вопросы двуязычной лексикографии (словник). – Л.: Издательство ЛГУ, 1973. – 197с.
2. Васильев Л.М. Вопросы языкознания. - М., 1971, №5
3. Верещагин Е.М., Костомаров В.Г. Страноведческий аспект преподавания русского языка иностранцам (к постановке вопроса) // РЯЗР, 1971, № 1.
4. Влахов С., Флорин С. Непереводимое в переводе. – М.: Высшая школа, 1986. – 416с
5. Реформатский А. А. Введение в языковедение: Учебник для вузов / Под ред. В. А. Виноградова. – 6-е изд. — М.: Аспект Пресс, 2004. – 536 с.
6. Супрун Ф.Н. Экзотическая лексика // - М., 1958, № 2
7. Уфимцева А.А. Слово в лексико-семантической системе языка. М.: Наука, 1968. – 272с.
8. Филин Ф.П. Очерки по теории языкознания. –М.: Наука, 1982. – С. 205
9. Шадурский И.В. Тематическое изучение лексики // Методы изучения лексики. Минск, 1975.
10. Тургенев И.С. Соч. т. 1 «Записки охотника». М., 1988
11. Тургенев т.3 «Отцы и дети», «Дым». М., 1988
12. Тургенев И.С. Соч. т. 1. «Дневник». М., 1988
13. Тургенев И.С. «Дуд». Душанбе: Адиб, 1989
14. Тургенев И.С. Асарҳои мунтахаб. Иборат аз чор ҷилд. Ҷилди якум. Душанбе: Адиб, 1988.

### Автор:

к.ф.н., доцент, заведующая кафедрой  
«Теория и история русской литературы», **Хамидова Тутихон Маруфовна**  
Таджикский международный университет  
иностранных языков им. Сотима Улугзода  
734019, г. Душанбе, ул. Мухаммадиева, 17/6  
E-mail: khamidova\_67@mail.ru

# БИЛИНГВИЗМ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБЩЕНИИ СТУДЕНТОВ-НЕФИЛОЛОГОВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Ж.Б. Хушвахтова, Х.Х. Бариева

Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в городе Душанбе  
(Республика Таджикистан)

Билингвизм является предметом пристального внимания многих исследователей. Считается, что около 80% населения земли в той или иной степени двуязычны, и эта цифра достигает своего максимума в тех странах (регионе), где проживают разные национальности. Двуязычие населения такой страны - категория непостоянная: число носителей двух и более языков может увеличиваться или сокращаться, равно, как может меняться языковая компетенция участников двуязычия, тому может быть много причин. В данной статье мы рассматриваем вопросы билингвальные и полилингвальные, о языковой ситуации в Таджикистане.

**Ключевые слова:** билингвизм, полилингвизм, полиглот, языковая политика, полиязычие.

Билингвизм (двуязычие – от лат. *bi-* «два» + лат. *Lingu* «язык»):

1. практика попеременного пользования двумя языками;
2. владение двумя языками и умение с их помощью осуществлять успешную коммуникацию (даже при минимальном знании языков);
3. одинаково совершенное владение двумя языками, умение в равной степени использовать их в необходимых условиях общения [4, с.218].

Людей, владеющих двумя языками, называют билингвами, тремя — полилингвами, более трёх — полиглотами [5, с.165]. Так как язык является функцией социальных группировок, то быть билингвом — значит принадлежать одновременно к двум различным социальным группам.

Остаётся достаточно большим число билингвов среди народов, в силу различных политических, экономических и социокультурных причин оказавшихся в сфере влияния СССР и России или в составе Российской Федерации: народы Центральной и Восточной Европы, Центральной Азии, Кавказа, прибалтийские народы, народы России, народы Северного Кавказа, народы Средней Азии и многие другие.

Достаточно большое число билингвов в странах с большим числом эмигрантов из СССР и России: Израиль, США, Германия.

В связи со сложившейся ситуацией, в лингвистике выявляются как преимущества билингвизма, так и недостатки. Преимущества билингвизма:

чистое двуязычие, по мнению Л. В. Щербы, выгоднее смешанного при овладении иностранными языками, ибо в таком случае при прочих равных условиях второй язык оказывается, с одной стороны, более автоматизированным и, следовательно, более успешно выполняющим свою непосредственную задачу,

а с другой стороны, менее подверженным деформирующему влиянию первого языка [6, с.178].

Однако, создание чистого двуязычия требует организации иноязычного окружения, что практически трудно достижимо [6, с.213].

Также, по мнению Л. В. Щербы, при смешанном двуязычии возникают условия, благоприятствующие сравнению: «Сравнивая детально разные языки, мы разрушаем ту иллюзию, к которой нас приучает знание лишь одного языка, — иллюзию, будто существуют неизблемые понятия, которые одинаковы для всех времен и для всех народов. В результате получается освобождение мысли из плена слова, из плена языка и придание ей истинной диалектической научности.

Таково, по-моему, колоссальное образовательное значение двуязычия, и можно, нам кажется, лишь завидовать тем народам, которые силою вещей осуждены на двуязычие. Другим народам его приходится создавать искусственно, обучая своих школьников иностранным языкам» [11, с.250].

Для советского этногенеза, который строился на основе прежде всего русского языка, был характерен крайний воспринимающий билингвизм. На момент распада СССР большинство нерусских народов, в него входивших, владело в той или иной степени русским языком. В некоторых ситуациях русский язык оказал вытесняющее воздействие, становясь единственным родным языком для представителей нерусских этносов.

На сегодняшний день данная ситуация сохраняется не только в субъектах России, но и в некоторых странах СНГ, в том числе и в Таджикистане. Недостатки билингвизма:

чистое двуязычие лишено образовательного значения, присущего смешанному. Кроме того, врожденный билингвизм в случае низких умственных способностей ребёнка может привести к отставанию в развитии во много раз, в связи с более сложной структурой воспринимаемой информации [3, с.166].

В нашем государстве языковая ситуация имеет следующую типичную структуру: городское население зачастую говорит только на русском языке или имеет некоторое знание языка автохтонного этноса (коренного народа), т.е. таджикского языка.

Сельское население часто владеет языком родного этноса, владение русским языком может быть неуверенным или неполным. В учебных заведениях Таджикистана билингвизм - явление достаточно распространенное. Многие школьники и студенты владеют как родным таджикским языком, так и русским, а некоторые говорят и на узбекском языке.

В образовании возникла потребность в билингвизме благодаря:

- а) глобализации и укреплению «диалога культур»;
- б) созданию единого образовательного пространства;
- в) развитию дистанционной формы обучения;
- г) развитию мирового информационного пространства;

д) необходимости знания языков для конкурентоспособности на рынке труда.

Особое значение имеет билингвизм для многонациональных мультикультурных государств и содружеств государств, таких как США, СНГ, Индия, Канада. Так для США 32 млн. (13 %) [10, с.78] американцев английский не является языком первичного воспитания — в семье с рождения использовался другой язык.

Владение таджикским и русским языками расценивается как показатель этноязыкового разнообразия и двуязычия страны. Данные о владении языками в большей части подтверждаются полученными показателями в сферах использования респондентами таджикского и русского языков. Это очень сложные, противоречивые процессы, реагирующие как на объективные (прежде всего геополитические, социально-функциональные), так и на субъективные (ценностные ориентации, самосознание этноса и др.) факторы [11, с.211]. Этническое сознание и самосознание является сильным и действенным фактором, особенно наглядно проявляющимся при языковом планировании.

К знанию более двух языков относим и многоязычие, другими словами полилингвизм.

«Особенность полилингвизма заключается в том, что оно бывает двух видов – национальное (употребление нескольких языков в определенной социальной общности) и индивидуальное (употребление индивидуумом нескольких языков, каждый из которых предпочитается в соответствии с определенной коммуникативной ситуацией)» [2, с.178].

Владение таджикским и этническими языками в Таджикистане расценивается как показатель этноязыкового разнообразия и полиязычия страны, однако нельзя исключать участия других этнических языков в процессах полиязычия. Данные самооценки владения языками в большей части подтверждаются полученными показателями о сферах использования респондентами таджикского и русского языков.

Полиязычие и владение языками респондентов-таджиков требует в первую очередь, анализа фактов о владении ими таджикским языком.

По результатам исследователей полиязычие респондентов-таджиков характеризуется следующими существенными признаками: во-первых, главными «игроками на поле» полиязычия таджиков являются таджикский (общая языковая компетенция в котором измеряется 97%) [10, с.199] и, во-вторых, русский (общая языковая компетенция в котором измеряется 73,3%) [10, с.205] языки; что, безусловно, делает русский язык активным участником процессов полиязычия: в-третьих, следует учитывать также участие в полиязычии 10,8% респондентов узбекской, туркменской, киргизской и других языковых компетенций, которое косвенно свидетельствует о дисперсности проживания в стране разных этнических групп и наличии постоянных языковых контактов между ними [12, с. 148].

Таджикский язык все увереннее занимает главенствующее положение в полиязычии разных этнических групп населения.

Таджикский язык играет двоякую роль в полиязычии респондентов-таджиков:

(а) таджикский язык, как основа формирования полиязычия, или первый компонент полиязычия - сюда вошли респонденты-таджики, которые продемонстрировали высокий уровень свободного владения таджикским языком (90,7%) [2, с.178];

(б) таджикский язык, как второй компонент формирования, поддерживают 6,3% респондентов-таджиков с доминирующим русским языком и средней/низкой таджикской языковой компетенцией, именно эти респонденты, ощущая давление со стороны осуществляющегося языкового планирования, повышают собственную социальную и профессиональную мобильность за счет усиленного изучения таджикского языка [5, с.121].

Социолингвистические работы последних лет свидетельствуют, что идет переосмысление языковой политики, языкового планирования, оценки национального двуязычия по всем параметрам.

Среди важнейших итогов этих исследований можно назвать: выстраивание новой парадигмы национально-языковых отношений; расширение научной социологической и психолингвистической базы исследований; изменение батареи методик оценки двуязычия; учет реально используемого в общении языка; усиление внимания к практике двуязычного общения на всей территории Таджикистана; понимание необходимости учета фактора билингвизма в обучении, начиная с дошкольной ступени образования [7, с.166].

## Литература

1. Белянин В., Психолингвистика. – М.: МПСИ, 2003.
2. Белянин В., Особенности и виды полилингвизма в современной действительности. М., 2003.
3. Верещагин Е., Психолингвистическая и методическая характеристика двуязычия (билингвизма). М., 1969.
4. Верещагин Е., Костомаров В., Язык и культура. 4-е издание переработанное и дополненное М., 1990.
5. Гринберг С., Белорусско-русский художественный билингвизм в когнитивно-дискурсивном и лингвокультурологическом аспектах. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата филологических наук, Москва, 2001.
6. Гумилев Л., География этноса в исторический период Л. -1990.
7. Даурова Л., Двуязычие, его виды и этапы развития // Статьи и исследования по русскому языку: Ученые записки МГПИ им. В.И.Ленина. М., 1964.
8. Жлуктенко Ю., Лингвистические аспекты двуязычия. Киев, 1974.
9. Имедадзе Н., К психологической природе раннего двуязычия // Вопросы психологии. № 1. 1960.
10. Михайлов М., Двуязычие и взаимовлияние языков//Проблемы двуязычия и многоязычия. М., 1972.

11. Поливанов Е., Избранные труды по восточному и общему языкознанию. М.,1991.
12. Смагулова И.П., Двуязычие – проблемы адаптации в государствах СНГ. М.,2003.

### **Авторы**

ст. преп. кафедры социально-гуманитарных наук, **Хушвахтова Ж.Б.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон:

E-mail: zhanna\_19-70@mail.ru

ст. преп. кафедры социально-гуманитарных наук, **Бариева Х.Х.**

НИУ «МЭИ» филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

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

Телефон:

E-mail: husni1974@list.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.....</b>	<b>4</b>
<i>Тиллоева Т.Р., Сафаров М.М., Гортышов Ю.Ф.</i>	
Расчет коэффициента теплоотдачи в солнечных батареях.....	4
<i>Шамсиев М.В., Собиров Ф.С., Пардаев С.С.</i>	
Разработка и исследование электрической части гелио-гравитационной аккумулирующей станции (ГГАЭС) мощностью 1 МВт.....	8
<i>Махсумов И.Б.</i>	
Перспективы и проблемы эффективного использования «зелёной» энергии.....	13
<b>СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.....</b>	<b>18</b>
<i>Петров А.Р., Грачева Е.И.</i>	
Анализ эксплуатационных характеристик низковольтных коммутационных аппаратов.....	18
<i>Петрова Р.М., Грачева Е.И.</i>	
Выбор оптимального закона распределения при оценке надежности электрооборудования низковольтных распределительных сетей.....	22
<i>Волошин А.А., Данилов С.А., Вертогузов Д.А., Коваленко А.И.</i>	
Разработка решений по автоматическому расчету параметров срабатывания РЗА.....	26
<i>Юлдашев З.Ш., Юлдашев Р.З.</i>	
Универсальная энергетическая диаграмма для анализа энергоэффективности по показателю относительной энергоемкости.....	31
<i>Юлдашев З.Ш.</i>	
Устройство для определения эффективности использования энергии.....	36
<i>Инояттов М.Б., Джураев Ш.Дж., Инояттов Б.Д.</i>	
К вопросу о распределении токов однофазного замыкания на землю при обрывах в сети заземления.....	41
<i>Ганиев З.С., Назиров Х.Б., Исмоилов С.Т., Камолов М.М.</i>	
Инструментальная оценка качества электроэнергии современных электроприемников с нелинейной вольт - амперной характеристикой.....	46
<i>Селезнёв А.А.</i>	
Внешнеполитические факторы и энергетическая сфера России.....	54
<i>Хвостовец Р.О., Хвостовец О.А.</i>	
Потери электроэнергии в трёхпроводных распределительных электрических сетях 6-20 кВ.....	58
<i>Давлатов А.М., Косимов Б.И., Шарбатов Н.С.</i>	
Анализ вариантов применения генератора для автоматизированной мини-ГЭС.....	62
<i>Самохин В.И., Самохин Д.В., Камолов М.М.</i>	
Вопросы энергосбережения на промышленных предприятиях.....	68

<i>Рахимов Р.А., Джураев Ш.Дж.</i> Оценка влияния гармонических составляющих тока на выбор электротехнического оборудования.....	78
<b>СЕКЦИЯ 3. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИРРИГАЦИЯ.....</b>	<b>83</b>
<i>Рахматуллоев З.Р., Рахматиллоев Р., Ишан-Ходжаев Р.С., Назиров Х.Б.</i> Современное состояние насосных станции оросительных систем на примере Вахшского магистрального канала.....	83
<i>Рахматуллоев З.Р., Рахматиллоев Р., Ишан-Ходжаев Р.С., Назиров Х.Б.</i> Улучшение энергетической эффективности насосных агрегатов на примере ВМК.....	92
<i>Рахматуллоев З.Р., Рахматиллоев Р., Назиров Х.Б., Ишан-Ходжаев Р.С.</i> Технико-экономический расчет выбора частотных преобразователей и компенсирующих устройств на насосных станциях ВМК.....	97
<i>Юлдашев З.Ш.</i> Комплексное производство электрической и тепловой энергии и углекислого газа.....	109
<b>СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....</b>	<b>115</b>
<i>Луцкая Е.В., Коротких А.А.</i> Оценка негативного воздействия на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от смоленской ТЭЦ-2.....	115
<i>Шенцева М.С., Моликов П.А., Коротких А.А.</i> Оценка степени влияния производства атомной энергии смоленской АЭС на экологическую безопасность региона.....	120
<i>Шералиев А.К., Миррахматов С.Ш.</i> Рационализация перевозочных возможностей на примере парка воздушных судов Республики Таджикистан.....	124
<i>Гафурзода Д.С., Якубов Г.Г.</i> Методические основы оценки надёжности функциональных электрических систем воздушных судов для полётов с отложенными повреждениями.....	130
<i>Инояттов М.Б.</i> Формирование экологического сознания у студентов.....	135
<b>СЕКЦИЯ 5. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</b>	<b>137</b>
<i>Гадозода М., Кодиров О.К.</i> Представление решения одного дифференциального уравнения в частных производных k-того порядка.....	137
<i>Самаров Ш.Ш.</i> Теплообмен при течении жидкости в трубе эллиптического поперечного сечения.....	140

<i>Каюмова Д.Д.</i>	
Разработка модели системы защиты информации для медицинского учреждения.....	144
<i>Шоайдаров Н.Б.</i>	
Исследование зависимости динамических вязкоупругих свойств жидкого аммиака от изменения плотности, температуры и частоты.....	149
<i>Раджабова С.С., Зарипова М.А., Тиллоева Т.Р.</i>	
Теплоемкость некоторых электролитов в зависимости от концентрации наноразмерных фуллереноидных оксидов и их структуры.....	156
<i>Сафарова Ф.А., Собиров Дж.Ф., Сафаров П.М.</i>	
Теплопроводность растворов системы бензол+ жидкий четыреххлористый углерод.....	162
<i>Оджимамадов И.Т., Даминов Ш.Р.</i>	
Исследование параметров мобильной связи WiMAX.....	165
<i>Тауров Э.Ш., Сафаров М.М., Тиллоева Т.Р.</i>	
Экспериментальное исследование теплоемкости никель-алюминиевых и медно-цинковых катализаторов и концентрации составных компонентов	172
<i>Смирнова М.И., Демидионова Л.Н.</i>	
Изменения федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования и новые аспекты преподавания истории в технических ВУЗах.....	177
<i>Гадозода М., Хафизов Х.М.</i>	
О классическом решении начально-краевой задаче для модельного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка.....	182
<i>Миррахматов С.Ш., Дододжонов А.А.</i>	
Расчет соединения кристалла кремния с коваровым основанием.....	187
<i>Кахарова Н.Ш.</i>	
Гений великого Пушкина в героях романа «Евгений Онегин».....	192
<i>Хабибов С.Ш.</i>	
Концепт «меҳнат» (труд) в паремиологическом фонде таджикского языка.....	199
<i>Хамидова Т.М.</i>	
Тематические группы безэквивалентной лексики.....	204
<i>Хушвахтова Ж.Б., Бариева Х.Х.</i>	
Билингвизм в профессиональном общении студентов-нефилологов: проблемы и решения.....	208

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

Материалы международной  
научно-практической конференции

«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СНГ:  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

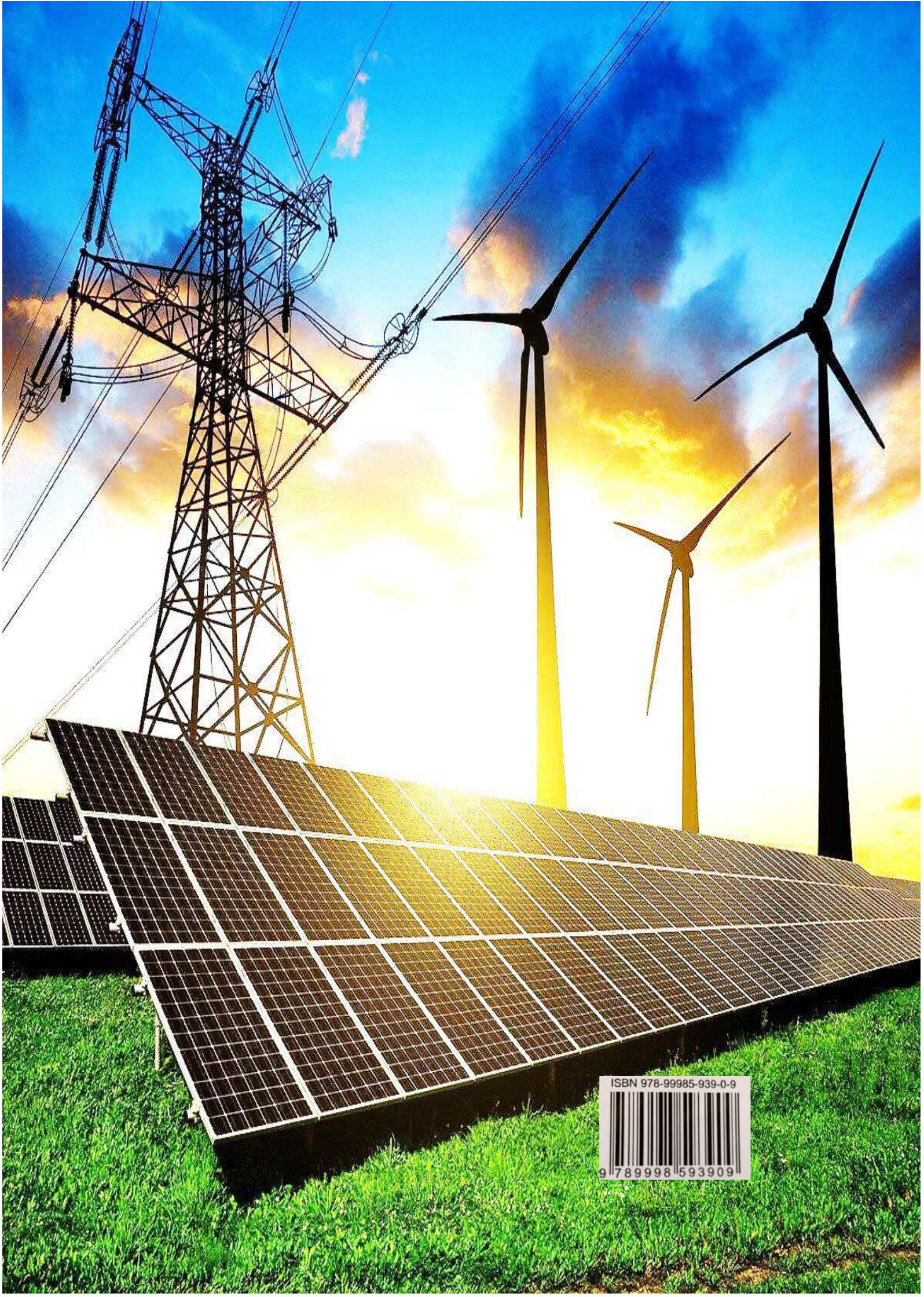
Сдано в печать 05.10.2023. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Объем 13,5. Тираж 80 экз.

БИ №8266

Издательское предприятие «Ирфон»  
Министерство культуры Республики Таджикистан,  
734018, г. Душанбе, ул. Н. Карабоев, 17.  
E-mail: [irfon\\_company@mail.ru](mailto:irfon_company@mail.ru)

Отпечатано в типографии ООО «Ноширон».  
г. Вахдат, ул. Истиклолият 24





ISBN 978-99985-939-0-9



9 789998 593909