



ISSN (print) 2091-5985

ISSN (online) 2181-1946

**ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС
ТЕЖАШ МУАММОЛАРИ**

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГО- И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**PROBLEMS OF ENERGY
AND SOURCES SAVING**

№ 1

2023

Энергия ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш учун мамлакатимиз энергетика тизимини ислоҳ қилишимиз, бу борада аниқ стратегия ишлаб чиқишимиз лозим.

Ш.М.Мирзиёев

Для повышения эффективности использования энергоресурсов нам необходимо реформировать энергетическую отрасль страны, разработать в этом направлении конкретную стратегию.

Ш.М.Мирзиёев

In order to increase the efficiency of energy resources, we need to reform the energy system of our country and develop a clear strategy in this regard.

Sh.Mirziyoyev



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ЭНЕРГЕТИКА ВАЗИРЛИГИ
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРСЛАР ТЕЖАШ
ИЛМИЙ-АМАЛИЙ ВА ЎҚУВ МАРКАЗИ
«ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОРЛИГИ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧАН ЭНЕРГИЯ
МАНБАЛАРИ» ИЛМИЙ - ТАДҚИҚОТ ЛАБОРАТОРИЯСИ
«МУҚОБИЛ ЁҚИЛҒИ ВА ЭНЕРГИЯ КОРХОНАЛАРИ»
АССОЦИАЦИЯСИ

ISSN (print) 2091-5985

ISSN (online) 2181-1946

ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС ТЕЖАШ МУАММОЛАРИ

Журнал 2002 йилда
ташқил қилинган

Йилига 4 марта
чоп этилади

2023 й.

№1

ТОШКЕНТ - 2023

ТАҲРИР КЕНГАШИ АЪЗОЛАРИ

Акад. А.У.Салимов (раис), акад. Р.А.Захидов (раис ўринбосари), акад. Т.Х.Насиров,
акад. Н.Р.Юсупбеков, т.ф.д., проф. С.М.Турабджанов,
т.ф.д., проф. Ж.Б.Тошов

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

Бош муҳаррир: акад. Аллаев К.Р.
Бош муҳаррир ўринбосари: проф. Ситдиқов Р.А.
Илмий котиб: доц. Раҳмонов И.У.

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ АЪЗОЛАРИ:

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ

т.ф.д., проф. Т.Ш. Гайибов т.ф.д., проф. А.Н. Назарычев (Россия)
т.ф.д., проф. А.Д. Таслимов т.ф.д., проф. М.Ш. Мисриханов (Россия)
т.ф.д., проф. М.К. Бобожанов т.ф.д., проф. М. Колцун (Словакия)
т.ф.д., проф. М.И. Ибадуллаев проф. Christian Kreischer (Германия)

ИССИҚЛИК ВА АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСИ

т.ф.д., проф. Р.П. Бобоҳаджаев ҚР МФА акад. Б.К. Алияров (Қозоғистон)
т.ф.д., проф. Ё.С. Аббосов ҚР МФА акад. С.А. Кешуов (Қозоғистон)
т.ф.д., проф. И.И. Садыков т.ф.д., проф. Ж.С. Абдимуратов (Қозоғистон)
PhD, доц. Ш.Ш. Абдумаликов БелР МФА акад. А.А. Михалевич (Белорусия)

ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ВА ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ

т.ф.д., проф. Ф.А. Хошимов т.ф.д., проф. Н.Ш. Чемборисова (Россия)
т.ф.д., проф. О.Х. Ишназаров т.ф.д., проф. Н.Л. Новиков (Россия)
т.ф.д., проф. Н.Б. Пирматов проф. Ekkehard Bolte (Германия)
т.ф.д., проф. Х.М. Муратов проф. Wilfrid Hofmann (Германия)

МУҚОБИЛ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ

т.ф.д., проф. Г.Н. Узаков PhD, проф. Kuubock Lee (Жанубий Корея)
т.ф.д., проф. Н.Р. Аvezова т.ф.д., проф. Ж.О. Титова (Россия)
т.ф.д., проф. А.М. Мирзабаев PhD, проф. Rhee Young Woo (Жанубий Корея)
т.ф.д., доц. И.А. Юлдошев проф. Peter Schegner (Германия)

НЕФТЬ ВА ГАЗ. ЁҚИЛҒИ РЕСУРСЛАРИ

т.ф.д., проф. Н.С. Махмудов т.ф.д., проф. А.Ф. Максименко (Россия)
т.ф.д., проф. У.С. Назаров т.ф.д., проф. Ф.Г. Жағфаров (Россия)
т.ф.д., проф. Ф.Я. Умаров т.ф.д., проф. И.Г. Кантаржи (Россия)
к.т.н., доц. И.Х. Халисмаев PhD, доц. А.С. Кулиев (Россия)

ЭКОЛОГИЯ ВА СУВ ЭНЕРГЕТИКАСИ МУАММОЛАРИ

т.ф.д., проф. М.М. Мухаммадиев PhD, проф. Lee Young-Seak (Жанубий Корея)
т.ф.д., проф. Б.М. Турсунов т.ф.д., проф. Д.С. Ахметбаев (Қозоғистон)
т.ф.д., проф. О.Я. Гловацкий т.ф.д., проф. В.А. Хохлов (Россия)
т.ф.д., проф. Б.У. Уришев PhD, проф. Namgee Jung (Жанубий Корея)

Техник муҳаррир: доц. Ниёзов Н.Н.

Таҳририят манзили: 100095, Тошкент ш., Университет кўчаси, 2, ТошДТУ, ЭФ биноси, 220-хона. Тел. +99871-246-08-04; E-mail: tstu_energy@list.ru

Журнал Тошкент шаҳар Матбуот ва ахборот бошқармаси рўйхатиغا олинган
2007 йил 12 январ, 02-0044 гувоҳнома, ISSN 2091-5985 (print) ISSN (online) 2181-1946.

МУНДАРИЖА

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ

К.Р. Аллаев. Ўзбекистонда энергетикани ривожлантириш истиқболлари.	14
Т.Х. Насиров, Г.Г. Трофимов, Ш.В. Хамидов. Қайта тикланувчи энергия манбалари ва атом электр станцияларини кенг миқёсда жорий этиш орқали Марказий Осиё мамлакатлари ягона энергетика тизимининг барқарорлиги ва ишончилигини ошириш муаммоларини ҳал этиш йўллари.	28
Р.А. Ситдиқов, О.В. Радионова. Ўзбекистон электр энергетикасини барқарор ривожлантириш ва модернизация қилишининг асосий йўналишлари ва механизмлари.	37
Н.Р. Авезова, Н.Н. Далмурадова. Ўзбекистон Республикасининг энергетик хавфсизлик регламентини ишлаб чиқиш зарурияти.	44
Т.Ш. Гайибов, Э.А. Абдуллаев. Шамол қурилмасига эга бўлган корхонанинг суткалик электр юклама графигини оптималлаштириш.	59
О.Т. Болтаев. Магнит тизимлардаги гистерезис сиртмоғини моделлаштириш.	70
И.Х. Сиддиқов, З.У. Боиханов. Асинхрон мотор реактив қувватининг назорати ва бошқаруви учун бошқариловчан чиқиш кучланишли ток ўзгарткичи моделлаштириш.	77
Т.Ш. Гайибов, Б.М. Пулатов. Электр станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптимал таркибини генетик алгоритм ёрдамида танлаш.	83
М.М.Туляганов, Ш.М.Атажиев. ИР (инфрақизил) сенсоридан фойдаланиб ҳаракатланувчи объектларни бошариш имкониятини яратиш.	90
В.П.Иванова, В.В. Цыпкина, У.А. Мамадалиева, Г.К. Қучкарова. Транспорт тизимлари учун композит материалларга асосланган кабел ва симли маҳсулотларни ўтказувчиси.	95

ИССИҚЛИК ВА АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСИ

Н.О. Усмонов, С.Р. Ахматова. Ёз мавсумида ҳавони мўътадиллаш тизимлари учун айланма сувни нурли буғлатиб совитиш	105
Ш.С. Санаев. Градирняда кечадиган иссиқлик жараёнларини ҳисоблаш услублари.	118

ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ВА ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ

И.У. Рахмонов, В.Я. Ушаков, Д.А. Жалилова. Узлуксиз ишлаб чиқариш характеридаги корхоналарнинг электр юкламаларининг ўзгариш қонуниятлари.	124
Н.А. Абдуллаев, А.Ш. Шаисламов, Р.Р. Жураев А.М.Ахмедов. Куёш энергиясидан қувватланувчи совутгич қурилмасининг энергетик самарадорлигини баҳолаш.	133
А.И. Каршибаев, Б.Ш. Нарзуллаев. Электр моторларнинг истеъмол қиладиган электр токини спектрал таҳлили асосида техник ҳолатини диагностика қилиш.	139
Н.Б.Пирматов, А.Т.Паноев. Қишлоқ хўжалиги корхоналарида ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини статик ва динамик режимларида энергия тежаш таҳлили.	146
А.Н. Расулов, Б.М.Хусанов, В.Қ. Воразбаев. Бир турли бўлмаган электр тармоқларининг иқтисодий иш режимлари.	153
О.Т. Файзуллаев, Г.М. Гуломова, М.Б.Баротов. Қурилиш материалларининг оловга бардошлилик хусусиятларини ошириш усулларини такомиллаштириш.	159

МУҚОБИЛ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ

Н.Р. Авезова, К.А. Самиев, А.У. Вохидов, Д.У. Абдухамидов, Б.Т. Шодиев, М.Т. Улуғмуродов, М.Б. Шерматова. Фаол куёш ийтиш тизимларига эга пассив уйлар. 1-Қисм. бак аккумуляторига эга бўлмаган уйларнинг самарадорлиги.	167
К.М. Реймов. Ўзбекистон Республикаси шамол энергетикаси салоҳиятининг ривожланишини баҳолаш.	176
И.Р. Жураев, И.А. Юлдошев, З.И. Жураева. Турли дизайндаги фотоэлектрик иссиқлик батареялар самарадорлигини қиёсий таҳлил қилиш	183
А.Г. Салев, Н.Н. Нормаматов, М.М. Эргашев, Н.Қ. Қайта тикланувчи энергия манбалари (ҚТЭМ) ва интеллектуал электр энергетика тизими (ИЭЭТ)	190

Ш.И. Кличев, Ю.Б. Собиров, С.Ш. Махмудов, Ш.М.Ахмадов. Қуёш нур оқим зичлигини ўлчашда калориметрнинг хатоликлари.....	196
НЕФТЬ ВА ГАЗ. ЁҚИЛҒИ РЕСУРСЛАРИ	
Д.М. Рахматова, М.Н. Мусаев. Нефт ва ёғ мой ишлаб чиқаришнинг маҳаллий чиқиндиларидан битум ўрнини босувчи аралашманинг янги таркибини олиш.....	202
Б.И. Хожиев, Е.Е. Мершина, Д.Р. Абдуллаев. Чорджўй тектоник поғонаси ғарбий қисми мезозой ётқизикларининг углеводород хомашёсига прогноз ресурсларини баҳолаш.....	207
ЭКОЛОГИЯ ВА СУВ ЭНЕРГЕТИКАСИ МУАММОЛАРИ	
М.Б. Арипходжаева, У.М. Турабекова, Б.Г. Гуломжонов. Табiiй ва экологик муаммолар ва уларни сабабларини бартараф этиш усуллари.....	218
ИЛМИЙ ХАБАРЛАР	
И.У. Рахмонов, Ш. Ганиев, Н.Н. Қурбонов. Техника олий таълим муассасаларида ўқув жараёнида ўқув симуляторларининг роли.....	226
К.К. Жураева. Магнитоэластик эффектнинг назарий асослари.....	230
ЭНЕРГЕТИКАДА ОЛИМА АЁЛЛАР	
Авезова Нилуфар Раббанақулловна.	236

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И
УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»
АССОЦИАЦИЯ «ПРЕДПРИЯТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ТОПЛИВА И ЭНЕРГИИ»

ISSN (print) 2091-5985
ISSN (online) 2181-1946

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Журнал основан
в 2002 году

Издаётся 4 раза
в год

2023 г.

№ 1

ТАШКЕНТ - 2023

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик А.У.Салимов (председатель), акад. Р.А.Захидов (заместитель председателя),
акад. Т.Х.Насиров, акад. Н.Р.Юсупбеков, д.т.н., проф. С.М.Турабджанов,
д.т.н., проф. Ж.Б.Тошов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: акад. Аллаев К.Р.
Заместитель главного редактора: проф. Ситдииков Р.А.
Ученый секретарь: доц. Рахмонов И.У.

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

д.т.н., проф. Гайибов Т.Ш. д.т.н., проф. Назарычев А.Н. (Россия)
д.т.н., проф. Таслимов А.Д. д.т.н., проф. Мисриханов М.Ш. (Россия)
д.т.н., проф. Бобожанов М.К. д.т.н., проф. Колцун М. (Словакия)
д.т.н., проф. Ибадуллаев М.И. проф. Christian Kreischer (Германия)

ТЕПЛО - И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

д.т.н., проф. Бобохаджаев Р.П. акад. НАН РК Алияров Б.К. (Казахстан)
д.т.н., проф. Аббосов Ё.С. акад. НАН РК Кешуов С.А. (Казахстан)
д.т.н., проф. Садыков И.И. д.т.н., проф. Абдимуратов Ж.С. (Казахстан)
PhD, доц. Абдумаликов Ш.Ш. академик НАН РБ Михалевич А.А. (Белорусия)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

д.т.н., проф. Хошимов Ф.А. Чемборисова Н.Ш. (Россия)
д.т.н., проф. Ишназаров О.Х. Новиков Н.Л. (Россия)
д.т.н., проф. Пирматов Н.Б. проф. Ekkehard Bolte (Германия)
д.т.н., проф. Муратов Х.М. проф. Wilfrid Hofmann (Германия)

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

д.т.н., проф. Узакон Г.Н. PhD, проф. Kuubock Lee (Южная Корея)
д.т.н., проф. Авезова Н.Р. д.т.н., проф. Титова Ж.О. (Россия)
д.т.н., проф. Мирзабаев А.М. PhD, проф. Rhee Young Woo (Южная Корея)
д.т.н., доц. Юлдошев И.А. проф. Peter Schegner (Германия)

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

д.т.н., проф. Махмудов Н.С. д.т.н., проф. Максименко А.Ф. (Россия)
д.т.н., проф. Назаров У.С. д.т.н., проф. Жагфаров Ф.Г. (Россия)
д.т.н., проф. Умаров Ф.Я. д.т.н., проф. Кантаржи И.Г. (Россия)
к.т.н., доц. Халисматов И.Х. PhD, доц. Кулиев А.С. (Россия)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

д.т.н., проф. Мухаммадиев М.М. PhD, проф. Lee Young-Seak (Южная Корея)
д.т.н., проф. Турсунов Б.М. д.т.н., проф. Ахметбаев Д.С. (Казахстан)
д.т.н., проф. Гловацкий О.Я. д.т.н., проф. Хохлов В.А. (Россия)
д.т.н., проф. Уришев Б.У. PhD, проф. Namgee Jung (Южная Корея)

Технический редактор: доц. Ниёзов Н.Н.

Адрес редакции: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2, ТашГТУ, корпус ЭФ,
ком. № 220. Тел. +99871-246-08-04; E-mail: tstu_energy@list.ru

Журнал зарегистрирован в Управлении печати и информации г. Ташкента 12. 01. 2007
года, регистрационное свидетельство № 02-0044, ISSN 2091-5985 (print),
ISSN (online) 2181-1946.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

К.Р. Аллаев. Перспективы развития энергетики Узбекистана	14
Т.Х. Насиров, Г.Г. Трофимов, Ш.В. Хамидов. Пути решения проблем устойчивости и надёжности объединенной энергосистемы стран Центральной Азии при масштабном внедрении возобновляемых источников энергии и атомных электростанций.	28
Р.А. Ситдиқов, О.В. Радионова. Основные направления и механизмы устойчивого развития и модернизации электроэнергетики Узбекистана.	37
Н.Р. Авезова, Н.Н. Далмурадова. Предпосылки к вопросу разработки регламента энергетической безопасности Республики Узбекистан.	44
Т.Ш. Гайилов, Э.А. Абдуллаев. Оптимизация суточного графика электрической нагрузки предприятия, имеющей ветровую установку.	59
О.Т. Болгаев. Моделирование петли гистерезиса в магнитных системах	70
И.Х. Сиддиқов, З.У.Боиханов. Моделирование управляемого преобразователя выходного напряжения для контроля и управления реактивной мощностью асинхронного двигателя.	77
Т.Ш. Гайилов, Б.М. Пулатов. Выбор оптимального состава работающих агрегатов электрической станции с использованием генетического алгоритма.	83
М.М.Туляганов, Ш.М.Атажиев. Создание возможности управления движущихся объектов с помощью IR (инфракрасных) датчиков.	90
В.П.Иванова, В.В. Цыпкина, У.А. Мамадалиева, Г.К. Кучкарова. Токопроводящая жила кабельно-проводниковой продукции на основе композиционных материалов для транспортных систем.	95
ТЕПЛО - И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА	
Н.О. Усмонов, С.Р. Ахматова. Лучисто-испарительное охлаждение оборотной воды для систем кондиционирования воздуха в летнем периоде.	105
Ш.С. Санаев. Методы расчета тепловых процессов, протекающих в градирне.	118
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	
И.У. Рахмонов, В.Я. Ушаков, Д.А. Жалилова. Закономерности изменения электрических нагрузок на предприятиях с непрерывным характером производства.	124
Н.А. Абдуллаев, А.Ш. Шансламов, Р.Р. Жураев, А.М. Ахмедов. Оценка энергоэффективности автономного холодильника на солнечной энергии.	133
А.И. Каршибаев, Б.Ш.Нарзуллаев. Диагностика технического состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого электрического тока	139
Н.Б.Пирматов, А.Т.Паноев. Анализ энергосбережения в статическом и динамическом режимах работы асинхронного двигателя кормоизмельчителей сельскохозяйственных предприятий.	146
А.Н. Расулов, Б.М.Хусанов, В.Қ. Воразбаев. Экономические режимы работы неоднородных электрических сетей.	153
О.Т. Файзуллаев, Г.М. Гуломова, М.Б. Баротов. Совершенствование способов повышения огнестойкости строительных материалов.	159
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	
Н.Р. Авезова, К.А. Самиев, А.У. Вохидов, Д.У. Абдухамидов, Б.Т. Шодиев, М.Т. Улугмуродов, М.Б. Шерматова. Пассивные дома с активными системами отопления. Часть 1. Эффективность домов без баков - аккумуляторов.	167
К.М. Реймов. Оценка развития ветроэнергетического потенциала Республики Узбекистан.	176
И.Р. Жураев, И.А. Юлдошев, З.И. Жураева. Сравнительный анализ эффективности работы фотоэлектрической тепловых батарей различных конструкций.	183
А.Г. Салиев, Н.Н. Нормаматов, М.М. Эргашев, Н.Қ. Пулатов. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и интеллектуальные электроэнергетические системы (ИЭС). .	190

Ш.И. Кличев, Ю.Б. Собиров, С.Ш. Махмудов, Ш.М. Ахмадов. Погрешности проточного калориметра при измерении плотности концентрированного солнечного потока.	196
НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ	
Д.М. Рахматова, М.Н. Мусаев. Получения нового состава битум-заменяющей смеси из местных отходов нефтяного и масложирного производств.	202
Б.И. Хожиев, Е.Е. Мершина, Д.Р. Абдуллаев. Оценка прогнозных ресурсов углеводородного сырья мезозойских отложений в западной части чарджоуской ступени	207
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	
М.Б. Арипходжаева, У.М. Турабекова, Б.Г. Гуломжонов. Природные и экологические проблемы и методы устранения причин.	218
НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ	
И.У. Рахмонов, Ш. Ганиев, Н.Н. Қурбонов. Роль образовательных тренажеров в учебном процессе в технических вузах.	226
К.К. Жураева. О теоретических основах магнитоупругого эффекта.	230
УЧЕННЫЕ ЖЕНЩИНЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ	
Авезова Нилуфар Раббанақуловна.	236

**MINISTRY OF ENERGY OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN
THE MINISTRY OF HIGHER AND MIDDLE EDUCATION OF
UZBEKISTAN**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
SAVING ENERGY AND RESOURCES SCIENTIFIC-PRACTICAL AND
EDUCATIONAL CENTER**

**THE SCIENTIFIC RESEARCH LABORATORY OF "ENERGY SAVINGS
AND RENEWABLE SOURCES OF ENERGY"**

ASSOCIATION OF ALTERNATIVE FUEL AND ENERGY ENTERPRISES

*ISSN (print) 2091-5985
ISSN (online) 2181-1946*

PROBLEMS OF ENERGY AND SOURCES SAVING

The magazine founded
in 2002

Printed 4 times
a year

2023 y. _____ №1

TASHKENT - 2023

EDITORIAL COUNCIL

Academician A.U. Salimov (chairman), acad. R.A. Zakhidov (deputy chairman),
acad. T.Kh. Nasirov, acad. N.R. Yusupbekov, DScTech, prof. S.M. Turabdzhanov,
DScTech, prof. Zh.B. Toshov

EDITORIAL TEAM

Chief Editor: acad. Allaev K.R.
Deputy Chief: prof. Sitdikov R.A.
Scientific Secretary Editor: docent. Rakhmonov I.U.

MEMBERS OF THE EDITORIAL COLLEGE:

ELECTRIC POWER

DSc, prof. Gayibov T.Sh. DSc, prof. Nazarychev A.N. (Russia)
DSc, prof. Taslimov A.D. DSc, prof. Misrikhanov M.Sh. (Russia)
DSc, prof. Bobozhanov M.K. DSc, prof. M. Kolcun (Slovakia)
DSc, prof. Ibadullaev M.I. prof. Christian Kreischer (Germany)

HEAT AND NUCLEAR ENERGY

DSc, prof. Bobokhadzhaev R.P. acad. NASc RK Aliyarov B.K. (Kazakhstan)
DSc, prof. Abbosov Y.S. acad. NASc RK Keshuov S.A. (Kazakhstan)
DSc, prof. Sadykov I.I. DSc, prof. Abdimuratov Zh.S. (Kazakhstan)
PhD, dots. Abdumalikov Sh.Sh. acad. NAS RB A.A. Mikhalevich (Belarus)

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

DSc, prof. F.A. Khoshimov DSc, prof. Chemborisova N.Sh. (Russia)
DSc, prof. Ishnazarov O.H. DSc, prof. Novikov N.L. (Russia)
DSc, prof. Pirmatov N.B. prof. Ekkehard Bolte (Germany)
DSc, prof. Muratov Kh.M. Prof. Wilfrid Hofmann (Germany)

ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DSc, prof. Uzakov G.N. PhD, prof. Kyubock Lee (South Korea)
DSc, prof. Avezova N.R. DSc, prof. Titova Zh.O. (Russia)
DSc, prof. Mirzabaev A.M. PhD, prof. Rhee Young Woo (South Korea)
DSc, dots. Yuldoshev I.A. prof. Peter Schegner (Germany)

OIL AND GAS. FUEL RESOURCES

DSc, prof. Makhmudov N.S. DSc, prof. Maksimenko A.F. (Russia)
DSc, prof. Nazarov U.S. DSc, prof. Zhagfarov F.G. (Russia)
DSc, prof. Umarov F.Ya. DSc, prof. Kantarzhi I.G. (Russia)
PhD., dots. Khalismatov I.Kh. PhD, Assoc. Kuliev A.S. (Russia)

ECOLOGY AND WATER-ENERGY PROBLEMS

DSc, prof. Mukhammadiev M.M. PhD, prof. Lee Young-Seak (South Korea)
DSc, prof. Tursunov B.M. DSc, prof. Akhmetbaev D.S. (Kazakhstan)
DSc, prof. Glovatsky O. Ya. DSc, prof. Khokhlov V.A. (Russia)
DSc, prof. Urishev B.U. PhD, prof. Namgee Jung (South Korea)

Technical Editor: docent. Niyozov N.N.

The address of edition: 100095, Tashkent, University str., 2, TSTU, EF building, room 220.
Telephone: +99871-246-08-04; E-mail : tstu_energy@list.ru

The journal is registered in the Printing and Information Management of Tashkent, the registration
certificate № 02-0044 on 2007.01.12, ISSN 2091-5985 (print) ISSN (online) 2181-1946.

CONTENTS

ELECTRIC POWER

K.R. Allaev. Prospects for the development of energy in Uzbekistan.	14
T.Kh. Nasirov, G.G. Trofimov, Sh.V. Khamidov. Ways to solve the problems of sustainability and reliability of the unified energy system of the countries of Central Asia with the large-scale introduction of renewable energy sources and nuclear power plants.	28
R.A. Sitdikov, O.V. Radionova. The main directions and mechanisms of sustainable development and modernization of Uzbekistan's electric power industry	37
N.R. Avezova, N.N. Dalmuradova. Prerequisites for the development of energy security Regulations of the Republic of Uzbekistan.	44
T.Sh. Gayibov, E.A. Abdullaev. Optimization the daily schedule of electric load of an enterprise with a wind plant.	59
O.T. Boltayev. Modeling of hysteresis loops in magnetic systems.	70
I.X. Siddikov, Z.U. Boikhanov. Modeling of controlled output voltage converter for monitoring and control of reactive power of asynchronous motor.	77
T.Sh. Gayibov, B.M. Pulatov. Method for selection of optimal composition of operating units in power plants by genetic algorithm.	83
M.M. Tulyaganov, Sh.M. Atajiyev. Creating the ability to control moving objects using IR (infrared) sensors.	90
V.P. Ivanova, V.V. Tsyapkina, U.A. Mamadaliyeva, G.K. Kuchkarova. Conductor of cable and wire products based on composite materials for transport systems.	95

HEAT AND NUCLEAR ENERGY

N.O. Usmonov, S.R. Axmatova. Radiant-evaporative cooling of circulating water for flight air conditioning systems in summer	105
Sh.S. Sanayev. Methods for calculating thermal processes occurring in a cooling tower.	118

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

I.U. Rakhmonov, V.Ya. Ushakov, D.A. Jalilova. Regularities of changing electric loads in enterprises with continuous production.	124
H.A. Абдуллаев, А.Ш. Шансламов, Р.Р. Жураев А.М.Ахмедов. Estimation of energy efficiency of solar powered refrigerator.	133
A.I. Karshibaev, B.Sh. Narzullaev. Diagnostics of the technical condition of electric motors based on the spectral analysis of the consumed electric current.	139
N.B. Pirmatov, A.T. Panoev. Analysis of energy saving in static and dynamic modes of operation of an asynchronous motor of feed choppers of agricultural enterprises.	146
A.N. Rasulov, B.M. Husanov, W.Q. Worazbaev. Economic modes of operation of non-homogeneous electric networks.	153
OO.T. Fayzullayev, G.M. Gulomova, M.B. Barotov. Improving the methods of increasing the fire resistance characteristics of building materials.	159

ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

N.R. Avezova, K.A. Samiev, A.U. Vokhidov, D.U. Abdukhamidov, B.T. Shodiev, M.T. Ulugmurodov, M.B. Shermatova. Passive houses with active heating systems. Part 1. Efficiency of houses without the accumulator tank.	167
K.M. Reymov. The Assessment of Wind Power Potential Development of the Republic of Uzbekistan.	176
I.R. Juraev, I.A. Yuldoshev, Z.I. Juraeva. Comparative analysis of the efficiency of a photovoltaic thermal battery of various designs.	183
A.G. Saliyev, N.N. Normamatov, M.M. Ergashev, N.Q. Pulatov. Renewable energy sources (RES) and intelligent electric power system (IEPS).	190
Sh.I. Klychev, Y.B. Sobirov, S.Sh. Makhmudov, Sh.M. Akhmadov. Errors of a flow calorimeter in measuring the density of a concentrated solar stream.	196

OIL AND GAS. FUEL RESOURCES	
D.M. Rakhmatova, M.N. Musaev. Obtaining a new composition of the bitumen-replacing mixture from local waste oil and fat-and-oil production.	202
Б.И. Хожиев, Е.Е. Мершина, Д.Р. Абдуллаев. Evaluation of forecast resources of hydrocarbon raw materials of the mesozoic deposits in the western part of the charjow stage . .	207
ECOLOGY AND WATER-ENERGY PROBLEMS	
M.B. Aripkhodzhaeva, U.M. Turabekova, B.G. Gulomjonov. Natural and environmental problems and methods for elimination of causes.	218
SCIENTIFIC REPORTS	
I.U. Rakhmonov, Sh.R. Ganiev, N.N. Kurbonov. The role of educational simulators in the educational process in technical higher education institutions.	226
К.К. Jurayeva. On the theoretical foundations of the magnetoelastic effect.	230
LADY SCIENTISTS IN THE FIELD OF ENERGY	
Avezova Nilufar Rabbanaqulovna.	236

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ УЗБЕКИСТАНА

К.Р. Аллаев

Мақолада Ўзбекистон энергетикасининг 2030 йилгача ва ундан кейин бўлган даврда ривожланиш истиқболлари келтирилган. Давлат миқёсида энергетика мустақиллиги ва мўътадил ривожланиш усуллари ва йўллари кўрсатилган. 2030 йилгача мўлжалланган Ўзбекистон электр энергетикасининг ривожланиш Концепцияси келтирилган. Ўзбекистон ҳукуматининг энергетиклар олдида қўйган улкан вазифаси - 2030 йилга бориб йилига 120 млрд кВт·с электр энергиясини ишлаб чиқишнинг усуллари ва йўллари кўрсатилган. Бундай масалани ечиш учун қуйидаги йўналишлар: буг-газ, қайта тикланувчи энергия, атом энергетикаси ва пастуглеродли энергетика манбаларини ривожлантириш зарурлиги кўрсатилган. Шу борада энергия истемолини рационал ишлатиш, парник газни берадиган чиққиндиларни камайитириш масалалари ҳам кўрилган. Ўзбекистонда углерод чиққиндилар жараёнини нолгача тушириш, яъни нейтрал энергетикани ташиқил қилиш, техник ва иқтисодий томондан ечиш мумкинлиги кўрсатилган. Ўрта- ва узоқ муддатда Ўзбекистон энергетикасининг истиқболли ривожланиш асосида қайта тикланувчи энергетика ва атом энергияси туради. Бундай қўшма, давлат, иқтисодиёт йўналишларини тургун ўсишини таъминлайди ва Париш Келишувларини амалга оширишида катта рол ўйнайди.

Калит сўзлар: энергетика тизими, электр энергияси, углерод чиққиндилар жараёни, қайта тикланувчи энергия, атом энергетикаси.

В статье приведены параметры перспектив развития энергетики Узбекистана к 2030 году и далее. Показаны основные направления и составляющие развития энергетики страны, обеспечивающие энергетическую безопасность и устойчивое развитие государства, рассматриваются параметры Концепции развития электроэнергетики Узбекистана до 2030 года и далее. Показано, какими способами можно выполнить грандиозную задачу, поставленную руководством республики перед энергетиками – к 2030 году обеспечить рост годовой выработки электроэнергии до 120 млрд кВт·ч. Рассматривается развитие таких направлений энергетики Узбекистана как парогазовые технологии, возобновляемые источники, атомная энергетика, низкоуглеродная энергетика. Показаны параметры и перспективы снижения энергоёмкости экономики Узбекистана, снижению выбросов парниковых газов. Подчеркивается, что создание углеродно-нейтральной энергетики Узбекистана технически и экономически осуществимо. Показывается, что в средне- и долгосрочной перспективе основой развития энергетики страны является совместное применение возобновляемой и атомной энергий, обеспечивающих устойчивое развитие отраслей экономики и населения энергией и выполнения требований Парижского Соглашения.

Ключевые слова: энергосистема, электричество, процесс выбросов углерода, возобновляемые источники энергии, атомная энергетика.

The article presents the parameters of prospects for the development of energy in Uzbekistan by 2030 and beyond. The main directions and components of the development of the country's energy sector, which ensure energy security and sustainable development of the state, are shown. The parameters of the Concept for the development of the electric power industry of Uzbekistan until 2030 and beyond are considered. It is shown in what ways it is possible to fulfill the ambitious task set by the leadership of the republic for the power industry - by 2030 to ensure annual electricity generation up to 120 billion kWh. The development of such areas of energy in Uzbekistan as combined cycle technologies, renewable sources, nuclear energy, low-carbon energy is considered. The parameters and prospects for development to improve the energy intensity of the economy of Uzbekistan, reduce greenhouse gas emissions are shown. It is emphasized that the creation of a carbon-neutral energy sector in Uzbekistan is technically and economically feasible. It is shown that in the medium and long term, the basis for the development of the country's energy sector is the joint use of renewable and nuclear energy, which ensures the sustainable development of economic sectors and the population with energy and the conditions for meeting the requirements of the Paris Agreements.

Key words: energy system, electricity, carbon emissions process, renewable energy, nuclear energy.

Главной целью энергетической политики и высшим приоритетом развития энергетики Узбекистана на период до 2030 года и далее, является устойчивое энергообеспечение экономического роста и повышение качества жизни населения на основе максимально эффективного использования имеющегося производственного и научно-технического потенциала отрасли [1].

Президент Республики Узбекистан Шавкат Миромонович Мирзиёев, руководство республики взяли радикальный курс на перемены – в экономике, социальной и правовой сферах, в том числе в энергетике. За последние шесть лет в Узбекистане заметно улучшилась социально-экономическая обстановка. Достижения Узбекистана признаются международными специализированными организациями, которые высоко оценивают достигнутые результаты. Например, вот что написано в отчете за 2022 год авторитетного Международного энергетического агентства (МЭА): «Широкомасштабная реформа энергетического сектора, начавшаяся в 2019 году, продолжается устойчивыми темпами. Его размах и масштаб амбициозны по сравнению с другими странами, и МЭА аплодирует правительству Узбекистана за прогресс, достигнутый на сегодняшний день» [2].

Вместе с тем реформы продолжаются и Президентом перед энергетиками поставлены дальнейшие грандиозные задачи по развитию энергетики страны на средне- и долгосрочную перспективы, обеспечению энергетической безопасности, как основы устойчивого развития государства.

Производство энергоресурсов в Узбекистане в 2020 году составило: более 50 млрд. м³ природного газа, 2,8 млн. тонн нефти, включая газовый конденсат, 4,1 млн. тонн угля [2].

К 2030 году энергетики страны должны довести выработку электроэнергии до 120 млрд. кВт·ч, что в два раза больше, чем выработка электроэнергии в 2022 году – 74 млрд. кВт·ч и уменьшить расход условного топлива на выработку единицы электроэнергии. Решение такой задачи особенно важно, если Узбекистан ставит перед собой амбициозные цели: добиться экономического прорыва, и к 2030 году войти в число 50 передовых стран мира [1].

Энергетика Узбекистана, в том числе электроэнергетика, относятся к развитым не только в СНГ, но и в мире. В настоящее время основным источником генерации в Узбекистане являются 11 ТЭС, в том числе 3 ТЭЦ. На 01.01.2023 года установленная мощность электростанций Узбекистана составила более 17 ГВт, в том числе ТЭС более 14,5 ГВт, а мощность ГЭС - более 2 ГВт.

В целом, в структуре суммарной установленной мощности по типу станции, доля ТЭС/ТЭЦ составляет около 90%, а удельный вес ГЭС - около 10%. На ТЭС/ТЭЦ в качестве топлива используется природный газ (90,8% суммарного потребления минерального топлива в электроэнергетике), уголь (7%), мазут (2%) и угольный синтез-газ (0,2%) [4].

Министерством энергетики Узбекистана разработана Концепция развития генерирующих мощностей на период 2020-2030 годы, с учетом передового мирового опыта и современных тенденций развития электроэнергетики [4]. Предусматривается реализация крупных инвестиционных проектов по увеличению генерирующих мощностей со строительством новых энергоблоков суммарной мощностью около 29,5 ГВт, на общую сумму около 35 млрд. долларов, с выводом из эксплуатации морально и физически устаревших энергоблоков на тепловых электростанциях общей мощностью 6,4 ГВт; совершенствование системы учёта электроэнергии, диверсификация топливно - энергетических ресурсов с расширением использования ВИЭ.

Запланировано, что к 2030 году необходимо [4,5]:

- увеличить мощности до 29,5 ГВт, а производство электроэнергии довести до 120,8 кВт·ч в год;

- сократить потребления природного газа в электроэнергетике с 16,5 млрд. м³ до 12,1 млрд. м³;

- снизить потери при передаче электроэнергии на 2,35% и при распределении — до 6,5% (в 1,85 раза меньше уровня 2019 года) и др.

Реализация намеченных в Концепции задач приведет к 2030 году к следующим результатам.

Установленная мощность энергосистемы Узбекистана, суммарная - 29,2 тыс. МВт, в том числе: ТЭС, использующие природный газ – 13,4 тыс. МВт (45%), ТЭС, использующие уголь – 1,7 тыс. МВт (5,9%), ГЭС – 3,8 тыс. МВт (13,1%), АЭС – 2,4 тыс. МВт (8,3%), ВЭС – 3 тыс. МВт (10,4%), СЭС – 5 тыс. МВт (17,3%), в том числе 1 000 МВт с устройствами хранения электрической энергии для аккумуляции ее в

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

солнечные часы и использования накопленной электрической энергии во время отсутствия солнца и вечернего максимума нагрузок.

Объем суммарной годовой выработки электрической энергии достигнет 120,8 млрд кВт·ч, в том числе: ТЭС – 70,7 млрд. кВт·ч (58,5%), ГЭС – 13,1 млрд. кВт·ч (10,8%), АЭС – 18,0 млрд. кВт·ч (14,9%), СЭС – 9,9 млрд. кВт·ч (8,2%), ВЭС – 8,6 млрд. кВт·ч (7,1%), блок-станции – 0,6 млрд. кВт·ч (0,5%).

На рис. 1. приведены значения установленных мощностей энергосистемы Узбекистана с выделением выработки электроэнергии ВИЭ в 2026 и 2030 годах, соответственно: 8 ГВт (29,2% от установленной) и 12 ГВт (37,5%), а оставшаяся часть состоит из суммарных мощностей ТЭС, ГЭС.

ГВт

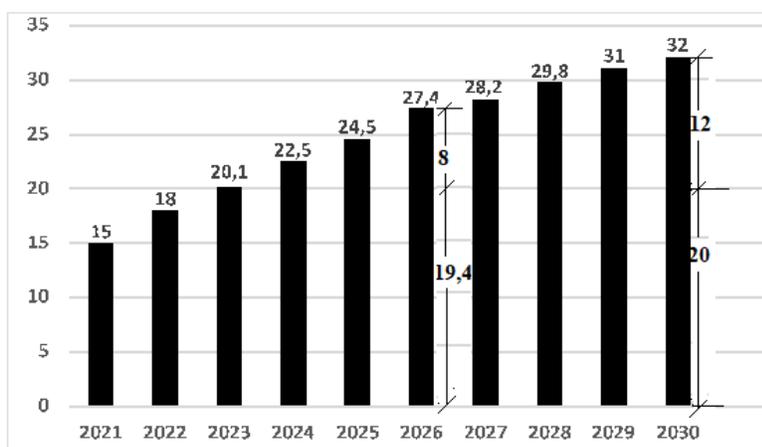


Рис. 1. Прогноз роста установленных мощностей источников электроэнергии в энергосистеме Узбекистана (расчет автора)

К 2050 году по прогнозам, по углеродно-нейтральному сценарию, установленная мощность электростанций Узбекистана может увеличиться до 100 ГВт (рис. 2) [1,25].

По данным АО «Узбекнефтегаз» текущих запасов природного газа хватит на 20-30 лет, а сланцев более 60 млрд тонн.

Следовательно, в результате реализации комплексных и масштабных мер, основанных на Указах, Постановлениях и решениях Президента и Правительства Узбекистана, энергетика государства получит мощный толчок развития, а структура выработки электроэнергии станет диверсифицированной, что должно обеспечить республике энергетическую безопасность и устойчивость развития в средне- и долгосрочной перспективе.

Рассмотрим, на основе каких мер будут реализованы поставленные перед энергетиками грандиозные задачи.

1. Развитие парогазовых технологий и установок (ПГУ). В настоящий момент, суммарная мощность внедренных в энергосистему РУз ПГУ составляет

более 3000 МВт, при установленной мощности энергосистемы около 17 000 МВт. Переход от традиционных паротурбинных установок ТЭС к ПГУ повышает коэффициент использования топлива в два раза, т.е. с (30-35) % до (55-60) %, поэтому это направление энергетики должно развиваться: все ТЭС на газе необходимо модернизировать в ПГУ. Здесь возникают вопросы координации и гармонизации технических требований различных изготовителей и документов, используемых в нашей энергетике при введении ПГУ в энергосистему Узбекистана.

ГВт

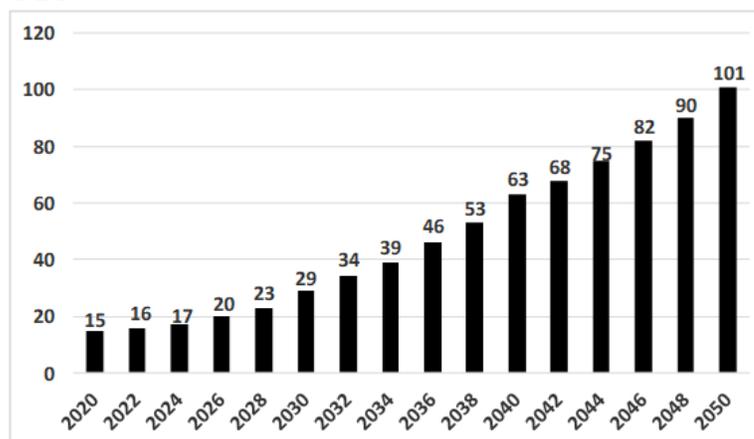


Рис. 2. Прогноз изменения установленных мощностей электростанций Узбекистана по углеродно-нейтральному сценарию до 2050 года [1,25]

Руководством Узбекистана поставлена задача максимального вовлечения угля в развитие экономики государства. При этом требуется решение таких вопросов: какие станции, кроме Ново-Ангренской ТЭС, будут переведены на уголь, на какие мощности будут построены новые угольные ТЭС, решить вопросы финансирования, спрогнозировать стоимость вырабатываемой электроэнергии, влияние этих станций на экологию и др.

2. Возобновляемые источники энергии Узбекистана. В Узбекистане начаты масштабные работы по использованию возобновляемых источников энергии - солнца, ветра и других видов, реальная мощность которых к 2030 году оценивается примерно в 8000 МВт, и их долю в энергетике страны к 2030 году планируется довести до 25%. Возникает ряд режимных особенностей, которые должны быть учтены при внедрении таких объемов ВИЭ в энергосистему Узбекистана.

Режим тепловых электростанций существенно усложняется, что может привести к ускоренному износу теплотехнического оборудования и возможным авариям. Это связано с тем, что обеспечение приема электроэнергии, вырабатываемого ВИЭ, осуществляется путем разгрузки тепловых станций на величину свыше 3300 МВт, а для покрытия нагрузки в часы вечернего максимума – увеличением на 5000 МВт. Оборудование ТЭС на такой переменной режим работы не рассчитано, оно должно работать с постоянной мощностью, т.е. в базе графика

нагрузки. Тем более, если это касается агрегатов АЭС. (Атомную энергетику необходимо отнести к возобновляемым источникам энергии, как и делают в Китае, ЕС и Японии [1]). Поэтому необходимо предпринять меры режимного характера – обеспечение резерва в энергосистеме для выравнивания суточного графика нагрузки системы и обеспечению равномерной загрузки ТЭС и АЭС, с учетом наличия в энергосистеме мощных ВИЭ.

В Узбекистане в августе 2021 года запущена первая в стране солнечная электростанция мощностью 100 МВт стоимостью 110 млн. долларов. Станция будет вырабатывать 252 млн. кВт·ч электроэнергии в год. Это позволит экономить 80 млн. м³ природного газа и предотвратит выброс 160 тысяч тонн парниковых газов в атмосферу [1].

Опыт зарубежных стран показывает, что интеграция малых объемов переменчивых ВИЭ в современные энергосистемы в пределах (5-10) % от суммарной мощности энергосистемы не представляет особой проблемы [7].

Основные проблемы с управлением режимов энергосистемы, их надежности, затратами, начинаются при превышении доли переменных ВИЭ в 20% и более от установленной мощности энергосистемы. При этом на каждый 1 ГВт мощности ВИЭ необходимо (300–500) МВт резервной мощности тепловой или атомной генерации [1].

3. Создание и развитие атомной энергетики Узбекистана. В Узбекистане, впервые в регионе Центральной Азии, к 2030 годам планируется завершить строительство атомной электростанции суммарной мощностью 2400 МВт, с двумя агрегатами ВВЭР-1200 поколения «3+», мощностью 1200 МВт каждый. Данный факт обеспечит Узбекистан недорогой электроэнергией и даст толчок развитию науки и образования, в таких направлениях, как фундаментальные науки, традиционная и ядерная энергетика, химическая промышленность, машиностроение, строительство и других. Агрегаты ВВЭР - 1200 отвечают всем требованиям безопасности Международного агентства по атомной энергии - МАГАТЭ.

Важным стимулом строительства АЭС в Узбекистане является наличие в стране урановых рудников [8]. АЭС позволит переориентировать газ на экспорт или глубокую переработку и увеличить дополнительные поступления в бюджет страны [1]. В результате запуска станции Узбекистан будет ежегодно экономить 3,7 млрд. м³ природного газа. Даже если экспортировать сэкономленный газ без его переработки, в Узбекистан будет поступать 550–600 миллионов долларов в год [9]. Каждый доллар, инвестированный в строительство атомной станции, дает взамен порядка 6 долларов: 2 долларов местным поставщикам и около 4 долларов в ВВП страны. Это весьма выгодно для Узбекистана, который имеет свои углеводороды и может от сэкономленных природных ресурсов получить гораздо больше выгоду.

АЭС позволяет вырабатывать электроэнергию по более низкой себестоимости, по сравнению с другими источниками энергии. Так, в углеводородной генерации доля себестоимости сырья составляет более 60÷70 %; это значит, что цена на электроэнергию напрямую зависит от цен на углеводороды. В атомной генерации на долю себестоимости урана приходится всего 4÷5 %, таким образом, колебание цен на

сырье практически не влияет на конечную стоимость электроэнергии, что обеспечивает предсказуемость тарифной политики на длительный срок. В перспективе нескольких десятилетий атомная энергетика становится значительно экономичнее по сравнению с традиционной [1, 8, 9-13].

Основным преимуществом ядерной энергетики, как низкоуглеродного источника энергии, в условиях экономической конкуренции с ветровой и фотоэлектрической энергетикой является то, что АЭС предусматривают возможность диспетчерского управления, т.е. с их помощью можно надёжным и прогнозируемым образом производить большие объёмы электроэнергии в режиме базовой нагрузки, без выбросов углекислого газа.

4. Создание и развитие водородной энергетики в Узбекистане.

В Узбекистане отмечается важность и перспективность производство водорода и развитие водородной энергетики для формирования «зеленой» экономики государства. Принято Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан» №ПП-5063 от 9 апреля 2021 года [14-28].

В целях создания инфраструктуры водородной энергетики в Узбекистане, организован Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики Узбекистана. При институте организовывается научно-исследовательский центр водородной энергетики и лаборатория по испытанию и сертификации технологий возобновляемой и водородной энергетики.

Необходимо отметить, что в ядерно-водородные исследования включаются все ядерные державы. В США получение водорода на основе электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, уже признано перспективной стратегией и с 2019 года выделяются крупные гранты на эксперименты в этой области [1-10].

Разработками в области крупнотоннажного производства водорода с использованием атомной энергии занимаются в лабораториях Айдахо, ORNL и General Atomics (США), институте ядерных и энергетических технологий INET Университета Синьхуа (Китай), Институте атомной энергии JAERI (Япония), Исследовательском институте атомной энергии KAERI (Республика Корея) и др [1,11-13].

5. Аккумуляирование и хранение энергии. Основной задачей накопителей энергии является оптимизация производства электроэнергии за счет выравнивания графика нагрузки энергосистемы и повышение эффективности другую электроэнергетическую инфраструктуру [14-19].

Абсолютное лидерство в структуре накопителей энергии в мире (95%) занимают гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), однако эксперты ожидают, что в долгосрочной перспективе доля других видов накопителей энергии возрастет [16, 17]. Ожидается, что с ростом эффективности и стоимостной конкурентоспособности аккумуляторных батарей спрос на эти технологии будет расти. По данным агентства Bloomberg NEF, в период с 2010 по 2022 год средняя стоимость батареи снизилась на 85% [17]. В настоящее время наиболее дешевыми

являются следующие типы литий-ионных батарей: «никель-кобальт-алюминий» и «литий-кобальт», стоимостью (150-210) долл/кВт·ч [18-19]. Ожидается, что цена продолжит снижаться и достигнет 94 долл/кВт·ч к 2024 году и 62 долл/кВт·ч к 2030 году [18].

6. Перспективы создания низкоуглеродной энергетики в Узбекистане.

Низкоуглеродная энергия (Low-carbon power) включает источники производства энергии с низким содержанием углерода, такие как энергия ветра, солнечная энергия, гидроэнергетика и ядерная энергия. Этот термин в значительной степени исключает традиционные источники установок на ископаемом топливе и используется только для описания определенного подмножества действующих энергетических систем на ископаемом топливе, в частности, тех, которые успешно сочетаются с системами улавливания и хранения углерода CCS (carbon capture and storage - CCS). В мире 35% электроэнергии производится из низкоуглеродных источников. По состоянию на 2021 год крупнейшими источниками низкоуглеродной энергии в мире были гидроэнергетика и ядерная энергия, причем последняя обеспечивала более 50% низкоуглеродной энергии только в Соединенных Штатах и Европейском Союзе [1].

В настоящее время примерно 80% антропогенного усиления парникового эффекта дают выбросы CO₂ при сжигании угля, нефтепродуктов и газа, то есть энергетика в широком смысле слова. Концентрация CO₂ в атмосфере достигла рекордного уровня, никогда не наблюдавшегося в истории человечества – примерно 390 ppm CO₂ – эквивалента на миллион частиц воздуха. Выбросы CO₂ в мире в 1990 году составил 20,9 Гт; 2007 году - 28,8 Гт; в 2020 - 34,5 Гт, а по прогнозам в 2030 году эта величина составит 40,2 Гт [1]. К 2060 году при выработке электроэнергии в мире в более чем 50 ПВт·ч (П – пета=10¹⁵), выбросы CO₂ должны приближаться к нулю [26].

Развитые страны Европы, США и другие, ориентируется на низкоуглеродную энергетику в качестве направления будущего развития и рассматривают ее, как **новую промышленную революцию** [1, 11, 12].

На рис.3. приведен прогноз производства электроэнергии и динамики уменьшения выбросов CO₂ в мире.

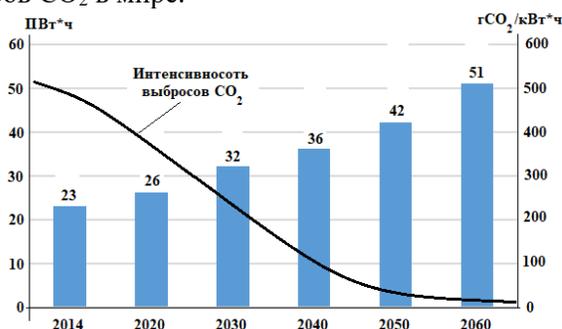


Рис. 3. Прогноз производства электроэнергии и динамики уменьшения выбросов CO₂ в мире (П – пета = 10¹⁵) [26]

Стратегия перехода Узбекистана на «зеленую» экономику нацелена на увеличение доли возобновляемых источников энергии, снижению энергоемкости производства и выбросов парниковых газов, доступ 100% населения к недорогому энергоснабжению, развитию низкоуглеродной энергетики, электротранспорта и создание эффективной системы переработки отходов [28].

Как отмечается в Постановлении Президента Узбекистана [29], низкий уровень энергоэффективности экономики, нерациональное потребление природных ресурсов, медленное обновление технологий, слабое участие малого бизнеса во внедрении инновационных решений для развития «зеленой» экономики препятствуют достижению первоочередных национальных целей и задач в области развития низкоуглеродной энергетики и устойчивого развития страны.

Министерство Энергетики Республики Узбекистан в сотрудничестве с Министерством Инвестиций и Внешней Торговли при поддержке ЕБРР и правительства Японии привлекло консорциум международных экспертов (Corporate Solutions, Tractebel и Guidehouse) для разработки дорожной карты по изучению возможности создания углеродно-нейтрального сектора производства электроэнергии в Узбекистане к 2050 году [25,30].

Ключевым выводом дорожной карты является то, что переход Узбекистана к 2050 году к энергетическому сектору с нулевым выбросом углерода технически и экономически осуществим.

Существенному сокращению выбросов вредных газов способствует и развитие атомной энергетики. К примеру, производство электроэнергии на одном реакторе российской технологии ВВЭР-1200 будет ежегодно предотвращать выброс в атмосферу около 7 млн. тонн CO_2 , которые образовывались бы в случае производства такого же количества электроэнергии на тепловой электростанции с современными высокоэффективными парогазовыми энергоблоками [28].

На рис. 4. приведен прогноз динамики изменения установленных мощностей электростанций и темпов снижения выбросов CO_2 при углеродно-нейтральном сценарии развития энергетики Узбекистана до 2050 года.



Рис. 4. Прогноз изменения установленных мощностей электростанций и выбросов CO_2 по углеродно-нейтральному сценарию Узбекистана до 2050 года [25]

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Необходимость создания углеродно-нейтральной энергосистемы к 2050 году потребует существенного увеличения мощностей ВИЭ и АЭС, а мощности ТЭС и ГЭС будут расти медленно и возможно снизятся, так как к тому времени запасы природного газа уменьшаться, а речные стоки в основном будут освоены.

7. Энергоемкость. В Узбекистане до конца 2030 года спрос на энергоресурсы вырастет на 25,5% по сравнению с 2013 годом и составит более 43,5 млн. т. н. э. [1].

Модернизация устаревшего оборудования и производственных процессов имеет решающее значение для повышения конкурентоспособности предприятий. Энергоэффективность способствует сокращению затрат на эксплуатацию и обслуживание оборудования, повышению производительности, а также экономии средств за счет меньшего потребления энергии. Она также внесет вклад в смягчение последствий изменения климата [21].

Энергоемкость ВВП Узбекистана с 2001 по 2019 годы снизилась с 0,738 к.н.э./долл до 0,152 к.н.э./долл, при среднем мировом уровне в 0,11 к.н.э./долл, т.е. более чем 4 раза и имеет динамичный потенциал дальнейшего снижения [1].

На рис. 5. приведены сравнительные данные по энергоемкости ВВП некоторых стран мира.

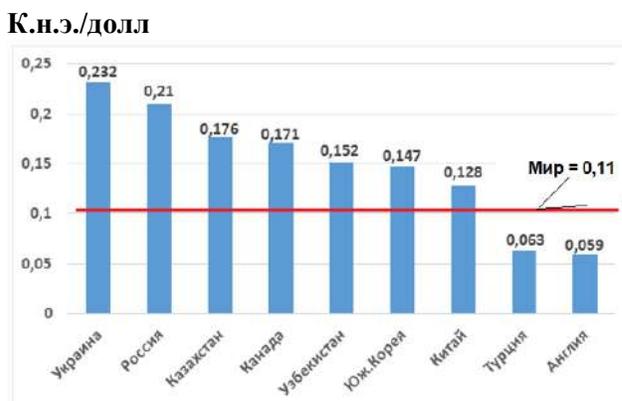


Рис. 5. Энергоемкость ВВП некоторых стран мира, 2019 год [20]

В настоящее время энергоэффективность Узбекистана в соотношении со 125 странами мира установилась на 78 месте. Для сравнения, предыдущий результат – 84 место [21].

Важнейшим достижением энергетиков Узбекистана является завершение первого этапа автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ): к 01.01.2020 года у потребителей электроэнергии установлены около 7,5 миллиона электронных счетчиков, которые приведут к существенному (около 7-10%) снижению потерь электроэнергии. На очереди внедрение более высокого уровня автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ), являющейся базой интеллектуальной энергосистемы Узбекистана.

8. Экология и энергетика. В настоящее время в мировой и Узбекской энергетике проблема изменения климата является наиболее обсуждаемой темой [1,3]. Необходимо отметить, что к Парижскому соглашению ООН по климату Узбекистан присоединился в апреле 2017 года. Вклад Узбекистана в борьбу с глобальным потеплением будет усилен: Узбекистан намерен сократить выбросы парниковых газов к 2030 году не на 10%, как ранее было принято, а на 35% по сравнению с уровнем 2010 года. Об этом было сообщено на ежегодной конференции ООН (COP26, 11.2021) по изменению климата [10-14]. Выбросы CO₂ от сжигания энергии, которые снижались на 7% в год в период с 2011 по 2015 год, с тех пор, к сожалению, растут (+3% в год), достигнув 113 млн тонн CO₂ в 2021 году [2].

Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4477 от 04.10.2020 года «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 — 2030 годов» [21, 29-31], направлено на совершенствование нормативно-правовой базы и политики для «зеленой» экономики, поощрение инновационных «зеленых» инвестиций через партнерские отношения между государственным и частным секторами.

На рис. 6. приведена динамика выбросов диоксида углерода (CO₂), на душу населения мира, включая Узбекистан.

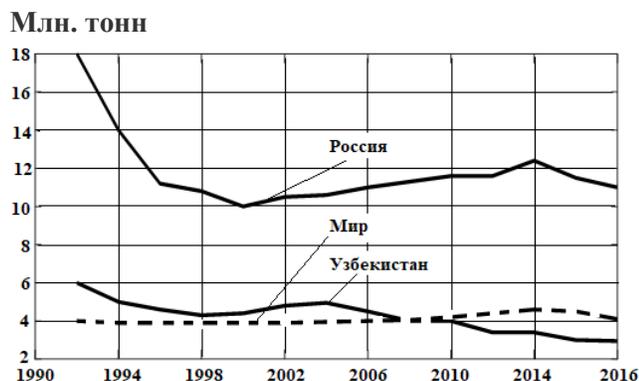


Рис. 6. Динамика выбросов диоксида углерода (CO₂), на душу населения [25]

Планируемое строительство солнечной, ветровой и атомной электростанций в Узбекистане диверсифицирует энергобаланс страны к 2030 году, где при реализации данного сценария совокупная доля низкоуглеродных источников генерации может составить 40,5%. Для сравнения: на конец 2019 года доля источников электроэнергии, работающих на углеводороде, в Узбекистане составила 86%.

Все без исключения технологии производства электроэнергии оказывают воздействие на окружающую среду в течение своего жизненного цикла и эти воздействия могут широко варьироваться в зависимости от места реализации. Надлежащая энергетическая политика должна основываться на оценках жизненного цикла и учитывать воздействие на окружающую среду всех технологий производства и вспомогательной инфраструктуры энергетической системы.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Разработка перспективной энергетической политики является ключом к достижению целей декарбонизации и сдерживанию глобального потепления до порога «2°C». В частности, обеспечение электроэнергией, при низком уровне выбросов углерода, является важной характеристикой совместимой с «2°C» энергетической системы и влекут за собой электрификацию большей часть экономики мира.

Показатели выбросов парниковых газов (ПГ) при использовании первичных источников энергии составляют [1]:

- угольная энергетика показывает самые высокие оценки: (751-1095) гСО₂/кВт·ч. При оснащении устройством для учета улавливания углекислого газа и хранения СО₂ (CCS) этот показатель может снизиться до (147–469) г СО₂/ кВт·ч (соответственно);

- установка комбинированного цикла, работающая на природном газе, может выбрасывать (403–513) г СО₂/ кВт·ч с точки зрения жизненного цикла и в любом месте и (49-220) г СО₂/ кВт·ч с CCS.

Модели для угля и природного газа включают утечку метана на фазы добычи и транспортировки (для газа); тем не менее, прямое сжигание преобладает в выбросах парниковых газов в течение жизненного цикла;

- возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика демонстрирует наибольшую изменчивость, поскольку выбросы в значительной степени зависят от места, начиная от 6 до 147 г СО₂/ кВт·ч. Поскольку биогенные выбросы из отложений, накапливающихся в водохранилищах, в основном исключены, следует отметить, что они могут быть очень высокими в тропических районах;

- солнечные технологии генерируют выбросы ПГ в диапазоне (27-122) г СО₂/ кВт·ч для CCS и (8,0–83) г СО₂/ кВт·ч для фотогальваники, для которой тонкопленочные технологии значительно менее углеродоемки, чем фотоэлектрические на основе кремния;

- выбросы ПГ от ветровой энергии варьируются в пределах (7,8-16) г СО₂/ кВт·ч для наземных и (12-23) г СО₂/ кВт·ч для береговых турбин;

- ядерная энергетика демонстрирует самые меньшие выбросы (5,1–6,4) г СО₂/ кВт·ч.

Заключение. Стратегическое развитие топливно-энергетического комплекса Узбекистана будет основано на совместном использовании возобновляемой и атомной источников энергии, глубокой переработке углеводородов и производстве водорода, разработке сланцевых месторождений и их применении в энергетике республики, при интенсификации методов повышения энергоэффективности отраслей экономики государства.

Таким образом, в средне- и долгосрочном плане, реализация задач, вытекающих из Законов РУз и Указов, Постановлений Президента Республики Узбекистан, обеспечат развитие энергетики и энергетической безопасности и устойчивость развития государства. Для этого в Узбекистане имеются богатая ресурсная база, мощный производственный потенциал и квалифицированные научно-технические кадры.

Литература

1. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы ее развития. / Под общей редакцией академика Салимова А.У. -Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi, 2021. - 952 с.
2. Uzbekistan 2022. Energy Policy Review. International energy agency 2022. 154 p.
3. World Energy Outlook 2022. France, IEA. October 2022. 523 p.
4. Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы. Утверждено приказом №70 Министра энергетической Республики Узбекистан от 28.04.2020 г.
5. Матвеев И.Е. Электроэнергетика Республики Узбекистан. (<http://matveev-igor.ru/articles/405751>).
6. К.Р. Аллаев. Будущее энергетике – это симбиоз возобновляемых и атомных ресурсов. Т. Проблемы энерго- и ресурсосбережения, № 2, с.14-32, 2021.
7. World Energy Outlook (WEO). The Gold standard of energy analysis. (<https://www.iea.org/weo2018/scenarios/>).
8. Глава «Узатома» раскрыл секреты первой АЭС в Узбекистане (<https://news.mail.ru/economics/36249218/?frommail=1.22.12.2018>).
9. Узбекистан начнет строительство АЭС не ранее 2022 года. (<https://news.mail.ru/economics/36249218/?frommail=1.08.02.2019>).
10. Морозова А. Уральские ученые создают ядерную энергетику будущего. Чистую и безопасную. (https://66.ru/news/hitech/226547/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com.03.12.2019).
11. Greg F. Naterer., Ibrahim Dincer., Calin Zamfirescu. Hydrogen Production from Nuclear Energy. Springer-Verlag London 2013. 492 p.
12. David Kramer. Could hydrogen bail out nuclear power? As nuclear powered water electrolysis becomes cheaper, it could compete with the current, carbon-intensive hydrogen production process. Physics Today 73, 8, 20 (2020). (<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4543.01.08.2020>).
13. Аминов Р. З., Байрамов А. Н., Гариевский М. В. Оценка системной эффективности многофункционального водородного комплекса на АЭС. (<https://doi.org/10.15518/isjaee.2019.13-15.24-39>).
14. Handbook on battery energy storage system. Asian development bank. December 2018. 94 p. (www.adb.org).
15. Economic analysis of batteries: Impact on security of electricity supply and renewable energy expansion in Germany. Applied Energy Volume 275, 1 October 2020, 115364. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030876X?via%3Dihub>).
16. Накопители в электроэнергетике. М. Энергетический бюллетень. №60. Май, 2018. 28 с.
17. Advanced Battery Technologies Will Help Transform Our Energy Economy. (<https://www.electronicdesign.com/technologies/power/power-supply/batteries/white>

paper/ 21254547/electronic-design-advanced-battery-technologies-will-help-transform-our-energyeconomy.11/11/2022).

18. Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite. (<https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-an-average-of-132-kwh-but-rising-commodity-prices-start-to-bite/30.11.2021>).

19. Will Lockett, Harvard's Ingenious Groundbreaking Battery Will Shake-Up The EV World. (<https://medium.com/predict/harvards-ingeniousgroundbreaking-battery-will-shake-up-the-ev-world-84127236f048>. 19.09.2022).

20. Энергоемкость экономики Узбекистана снизилась в два раза. (<https://china-uz-friendship.com/?p=4256.05.06.2015>).

21. Новиков В. Минэкономпром признал расточительность Узбекистана в потреблении электроэнергии. (<https://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/41378-minekonomprom-priznal-rastochitelnost-uzbekistana-v-potreblenii-elektroenergii.html.20.06.2019>).

22. Pant, D., Nadda, A.K., Pant, K.K., Agarwal, A.K. Advances in Carbon Capture and Utilization. In: Pant, D., Kumar Nadda, A., Pant, K.K., Agarwal, A.K. (eds) Advances in Carbon Capture and Utilization. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. 27 July 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0638-0_1.

23. Energy Efficiency 2021. IEA. 103 p. (<https://www.iea.org>).

24. После энергокризиса 2021 года Европа причислила газ и уран к зеленой энергетике. (<https://www.vedomosti.ru/business/articles/907586-2022/02/02/zelenoi-energetike>).

25. Сидорович В. Правительство Узбекистана опубликовало план перехода к углеродно-нейтральной электроэнергетике. (<https://renen.ru/pravitelstvo-uzbekistana-opublikovalo-plan-perehoda-k-uglerodno-nejtralnoj-elektroenergetike/30.01.2021>).

26. Ядерная энергетика для будущего с экологически чистой энергией. Бюллетень МАГАТЭ, Ноябрь 2017 года. Вена (Австрия), 32 с.

27. Нужен ли Узбекистану путь низкоуглеродного развития страны. (<https://nuz.uz/nauka-i-tehnika/49038-nuzhen-li-uzbekistanu-put-nizkouglerodnogorazvitiyastrany.html.28.04.2020>).

28. Принята Стратегия перехода на «зеленую» экономику. (<https://www.gazeta.uz/ru/2019/10/08/green-economy/08.10.2019>).

29. Постановление Президента Республики Узбекистан «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов», № ПП-4477 от 4 октября 2019 г.

30. В ближайшие 30 лет Узбекистан перейдет к углеродно-нейтральной энергетике. (<https://uz.sputniknews.ru/society/20210131/15902795/V-blizhay-shie-30-let-Uzbekistan-pereydet-k-uglerodno-neytralnoy-energetike.html.01.02.2021>).

31. Узбекистан разработал национальную стратегию зеленой энергетике. (<https://www.atomic-energy.ru/news/2020/05/29/104150>).

*Представлено Ташкентским государственным
техническим университетом*

УДК 621.311

**ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ УСТОЙЧИВОСТИ И НАДЁЖНОСТИ
ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ПРИ
МАСШТАБНОМ ВНЕДРЕНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Т.Х. Насиров, Г.Г. Трофимов, Ш.В. Хамидов

Мақолада жорий фаолият ва энергия алмашинуви шароитида Марказий Осиё ИПС ишончилигини ошириш масалалари таҳлил қилинади. Қайта тикланувчи энергия манбаларини энергия тизимига интеграциялаш масалалари, уларни киритишнинг 2030 йилгача бўлган истиқболли ҳажмларини ҳисобга олган ҳолда кўриб чиқилмоқда. “Яшил” технологиялар ва ядро энергетикасини жорий этиш ягона энергия тизими дуч келадиган заруратдир, унинг асосий авлоди иссиқлик электр станцияларидир. Қайта тикланувчи энергия манбаларини кенг миқёсда интеграциялашган ҳолда Марказий Осиё ИПСни ривожлантириш режаларини амалга оширишнинг баъзи йўллари кўрсатилган. Компенсацияланмаган қувват номуносивликлари эҳтимолини камайтириш ва истеъмолчиларни электр таъминоти ишончилигини ошириш имконини берадиган замонавий энергия сақлаш тизимлари кўриб чиқилмоқда.

***Калит сўзлар:** Марказий Осиё ИПС, қайта тикланувчи энергия манбалари, энергия тизими, “Яшил” технологиялар ва ядро энергетикаси, иссиқлик электр станцияси, электр таъминоти ишончилигини ошириш.*

В статье анализируются вопросы повышения надежности ОЭС Центральной Азии в современных условиях функционирования и энергетического перехода. Рассмотрены вопросы интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему с учётом перспективных до 2030 года объёмов их ввода. Внедрение «зелёных» технологий и атомной энергетики - это необходимость, с которой столкнётся объединённая энергосистема, базовую генерацию которой составляют ТЭС. Показаны некоторые пути реализации планов по развитию ОЭС Центральной Азии при масштабной интеграции ВИЭ. Рассмотрены современные системы накопления энергии, позволяющие снизить возможность некомпенсированных небалансов мощности и повышения надёжности электроснабжения потребителей.

***Ключевые слова:** ОЭС Центральной Азии, возобновляемые источники энергии, энергосистема, «Зелёные» технологии и атомная энергетика, ТЭС, повышение надёжности электроснабжения.*

The article analyzes the issues of increasing the reliability of the IPS of Central Asia in the current conditions of operation and energy transition. The issues of integration of renewable energy sources into the energy system are considered, taking into account the

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

prospective volumes of their input until 2030. The introduction of "green" technologies and nuclear energy is a necessity that the unified energy system will face, the basic generation of which is thermal power plants. Some ways of implementing plans for the development of the IPS of Central Asia with large-scale integration of renewable energy are shown. Modern energy storage systems are considered, which make it possible to reduce the possibility of uncompensated power imbalances and increase the reliability of power supply to consumers.

Key words: *Central Asia IPS, renewable energy sources, energy system, "Green" technologies and nuclear energy, thermal power plant, increasing the reliability of electricity supply.*

Рассмотрим основные аспекты развития электроэнергетики стран Центральной Азии. Электроэнергетическая система Узбекистана является наиболее мощной в регионе и географически занимает центральное место в Объединённой энергосистеме стран Центральной Азии (ОЭС ЦА), Согласно Концепции развития энергетической отрасли в Узбекистане к 2030 году планируется масштабное внедрение ВИЭ (фотоэлектрических – ФЭС, ветровых - ВЭС), порядка 10 ГВт. Исходя из структуры генерации электроэнергии в 2030 году (млрд. кВт.ч), рис.1, цель Узбекистана по достижению доли ВИЭ в 25% от общего объема генерации электроэнергии, выполняется [1].

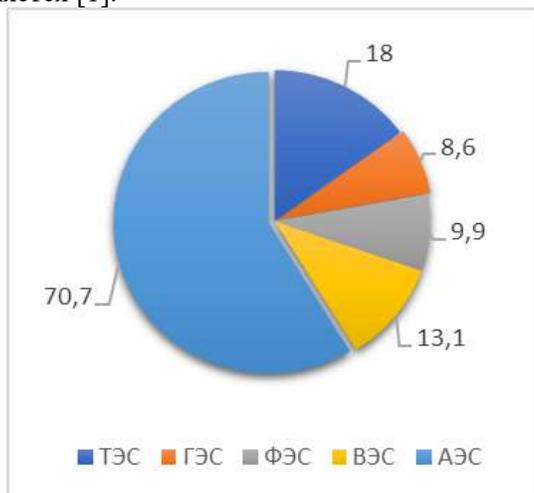


Рис. 1. Структура генерации электроэнергии в Узбекистане в 2030 году (млрд кВт.ч)

Казахстан, после подписания Закона «О поддержке использования ВИЭ» в 2009 году, принял амбициозные показатели развития ВИЭ, по которым планировалось в 2020 году довести долю ВИЭ в производстве электроэнергии до 3%, в 2025 году до 6% и до 10% к 2030 году. Эти планы регулярно выполнялись, а в конце 2021 года Казахстан решил увеличить долю ВИЭ до 6% в 2023 году, до 30% к 2030 году; а к 2050 году планируется не менее половины электроэнергии

производить на ВИЭ и альтернативных источниках энергии.

Внедрение «зеленых» технологий, и атомной энергетики - это необходимость, с которой ОЭС ЦА, в том числе и энергосистема Узбекистана, базовую генерацию которой составляют тепловые электростанции (ТЭС). При реализации планов по развитию ОЭС ЦА с масштабной интеграцией ВИЭ в Узбекистане и Южном Казахстане, избежать появления больших некомпенсированных небалансов мощности и, следовательно, системных аварий маловероятно.

Главная проблема в ОЭС ЦА состоит в том, что практически отсутствуют резервы мощности, и вероятность наброса небалансов мощности от ВИЭ на транзит Север-Юг Казахстана многократно возрастает. Кроме того, пропускная способность этого транзита задействована до предельной загрузки. При больших дисбалансах возникают проблемы с сохранением устойчивости параллельной работы энергосистем, срабатывает автоматика ограничения набросов мощности с отключением целых регионов потребителей от действия специальной автоматики отключения нагрузки. Учитывая высокие темпы интеграции ВИЭ в ОЭС ЦА, набросы небалансов мощности от ВИЭ будут происходить систематически и вероятность системных аварий в ОЭС ЦА без принятия соответствующих мер может возрасти, и для сохранения устойчивости параллельной работы ПА продолжит периодические отключения потребителей в ОЭС ЦА. На сегодняшний день потребность в пиковом подъеме нагрузки выросла до 1,5 ГВт и продолжает расти с учетом ввода ПГУ, ФЭС и ВЭС. До инициирования новых проектов на основе ВИЭ, к 2026 году необходимо создать достаточные резервные балансирующие электростанции мощностью порядка 3000 МВт для регулирования ФЭС и ВЭС, реализуемых инвестиционными соглашениями [2].

Конфигурация современных электроэнергетических систем формировалась исходя из обеспечения баланса производства и потребления мощности в условиях переменчивости потребления. Интенсивная интеграция ВИЭ в энергосистемы вносит свои коррективы в процессы обеспечения нормативных требований по надежности и стабильности электрических режимов в условиях непредсказуемости генерации СЭС и ВЭС, связанной с погодными условиями. В связи с этим, гарантированное обеспечение баланса требует наличия в энергосистеме резервов мощности на традиционных электростанциях. Как известно, имеются технические ограничения, сдерживающие объемы интеграции ВИЭ. Данная проблема может быть решена применением систем накопления энергии (СНЭ) [3-7].

Во всем мире по мере перехода к безуглеродным энергетическим системам, вопросы хранения энергии начинают иметь решающее значение для поддержки широкомасштабного внедрения ВИЭ. Эффективное использование ВИЭ невозможно без развития систем хранения энергии, без накопителей.

Накопители позволяют не только запасать излишки произведенного электричества и использовать их в безветренную и пасмурную погоду, обеспечивая резервирование, но и смещать графики нагрузки, срезать пики мощности и, тем самым, повышать экономичность режима работы всей энергосистемы.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Крупные ФЭС и ВЭС с накопителями (аккумуляторами) электроэнергии во многих энергосистемах передовых стран уже добиваются сетевого паритета с традиционными электростанциями не только в отношении цен, но и производительности. Имеющиеся у них накопители энергии не только облегчают процесс управления на самих СЭС и ВЭС, но оказывают системные услуги по управлению нормальными и аварийными режимами энергосистемы, развенчивая устоявшиеся представления о преимуществах традиционных источников энергии.

Мировой опыт показывает значительные перспективы практического применения СНЭ в электроэнергетике, позволяющей использовать возможность разделения во времени циклы производства и потребления электрической энергии, что вносит свои коррективы в организацию работы энергосистем и повышает степень их надёжности и эффективности.

Отметим наиболее важные функции, выполняемые системами накопления энергии:

- режим источника бесперебойного питания;
- срезание пиков мощности;
- компенсация резкопеременной нагрузки, ограничение наброса и сброса нагрузки (критично для газотурбинных установок);
- стабилизация работы генераторного оборудования;
- автоматическое поддержание нормативных значений частоты, при выполнении функций резерва первичного и вторичного регулирования частоты и устранение за секунды небалансов активной мощности;
- регулирование напряжения в узлах энергосистемы и нагрузки, а также исключение асимметрии напряжений и высших гармоник;
- замена «вращающегося резерва».

Установка накопителей энергии на любой электрической станции и распределенных накопителей разных типов в энергосистеме, способных оперативно изменять свою генерацию автоматически или по команде диспетчера оказывается значительно более экономичным вариантом для резервирования генерации солнечных и ветровых электростанций, по сравнению с вариантом содержания горячего резерва мощности на традиционных электростанциях. Это связано с тем, что установка накопителей требует только одноразовых вложений, в то время как содержание горячего резерва связано с постоянной оплатой расходуемого топлива на множестве электростанций энергосистемы в течение многих лет. Поэтому в наше время резерв маневренной мощности должен создаваться не за счёт технологий традиционных электростанций, что вызывает значительные дополнительные затраты, а за счёт установки накопителей на электрических станциях и расширения использования накопителей в энергосистеме.

Наличие накопителей наряду с другими инновациями в энергосистеме помогает снижать нестабильность выработки ветровой и солнечной энергии, что повышает надёжность ВИЭ, необходимую для конкуренции с традиционными источниками. При этом накопители не только способны улучшить процесс интеграции самих ВИЭ, но также оказывают влияние на режим работы

энергосистемы, способны быстро устранить аварийную ситуацию, возникающую в энергосистеме. Поэтому возможность демпфирования возникающих возмущений в энергосистеме улучшается. Возрастает стабильность режима и надёжность энергосистемы. А энергокомпании за счёт накопителей могут сдвинуть часы потребления электроэнергии из централизованной сети на период минимальной нагрузки энергосистемы, когда стоимость энергии ниже.

Кроме того, уже необходимо переходить к расширенному размещению в энергосистеме накопителей энергии, способных обеспечить долговременное хранение. Следует отметить, что масштабное использование традиционных аккумуляторных батарей при ФЭС и ВЭС, с одной стороны, не способно обеспечить большую мощность и долговременное хранение энергии, а с другой связано с необходимостью их последующей утилизации после истечения срока службы с вытекающими экологическими последствиями. Системы долгосрочного хранения энергии решают одну из основных проблем ВИЭ — нестабильность поставок электроэнергии.

Одним из новых вариантов долговременного хранения энергии, способным смягчить многие ограничения, создаваемые другими системами, является технология криогенного накопления энергии Liquid Air Energy Storage (LAES - ЛАЭС) [5,6,8]. Ее также называют криогенным накопителем энергии (CES).

На сегодняшний день LAES является одной из наиболее перспективных технологий крупномасштабного долгосрочного хранения энергии в энергосистеме, принципиальная схема которой приведена на рис.2. Эта модульная технология может быть легко масштабирована до нескольких гигаватт и может быть расположена в любом месте. Принцип работы этой технологии накопления энергии относительно прост. В процессе зарядки полученная от ВИЭ излишняя энергия расходуется на подачу атмосферного воздуха в криогенный накопитель и на работу турбодетандера.

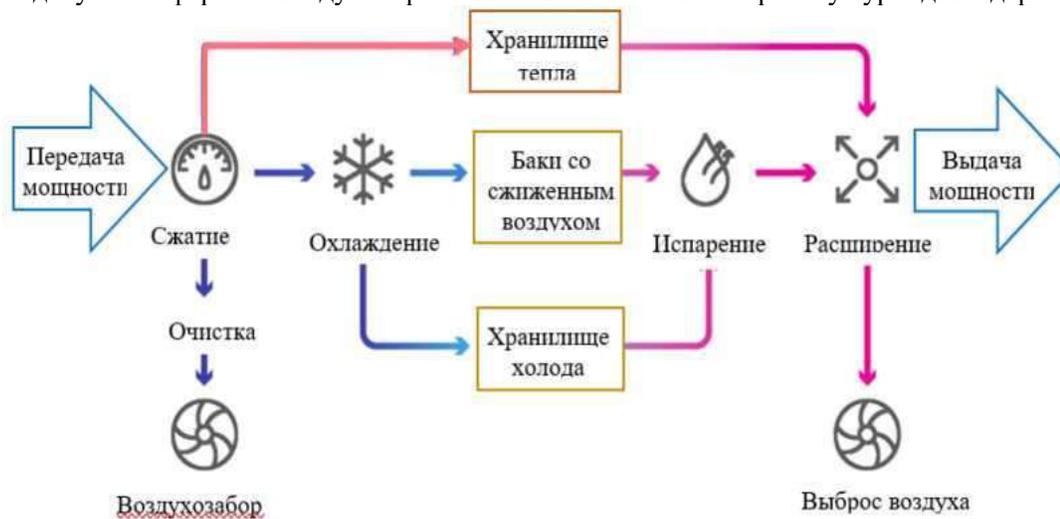


Рис. 2. Схема криогенного накопителя энергии.

Источник: HighviewnPower

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Подаваемый воздух (природная смесь атмосферных газов) фильтруется и осушается для удаления из него примесей, воды и CO₂. Турбодетандер используется для понижения давления воздуха с целью снижения его температуры. Сжижение атмосферного воздуха, происходит при атмосферном давлении и температуре примерно минус 196°С. При этом он переходит в жидкое состояние, а его объем уменьшается в 700 раз.

В процесс хранения жидкий воздух, занимающий одну тысячную объема газа, может неограниченно долго храниться при температуре -190° С в большом термически изолированном резервуаре при атмосферном давлении, что делает резервуары менее дорогостоящими. Воздух не взрывается и не токсичен.

В процесс разрядки, когда возникает потребность в энергии, жидкий воздух под высоким давлением до 70 бар закачивается в теплообменник, нагревается за счет температуры окружающей среды, расширяется примерно в 700 раз и переходит в газообразное состояние.

Полученный газ высокого давления с высокой скоростью устремляется на рабочее колесо турбины и приводит в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию. Выхлоп состоит из чистого сухого воздуха. Излишки охлажденного воздуха улавливаются и повторно используются для сжижения.

Европейским лидером, реализующим проекты долговременного хранения энергии, основанные на криогенной технологии жидкого воздуха, является компания Highview Power, которая в Великобритании ещё в 2011 году ввела в эксплуатацию пилотную установку LAES (350 кВт/2,5 МВт.ч), затем в июне 2018 года запустила и протестировала первую сетевую коммерческую демонстрационную систему хранения криогенной энергии в виде жидкого воздуха мощностью 5 МВт/15 МВт.ч на газотурбинной электростанции Virido недалеко от Манчестера. После чего началось широкое использование этой технологии по всему миру. Планируется строительство LAES в США мощностью 50 МВт в Вермонте, при ёмкости хранения 400 МВт.ч; в Чили реализуется проект хранения жидкого воздуха мощностью 50 МВт/500 МВт.ч. Началось строительство LAES в Австралии и Испании (на Канарских островах).

Как известно в сфере экономики электроэнергетики, для сравнения альтернативных видов генерации многие Международные организации часто применяют специально разработанный показатель полной приведенной стоимости производства электроэнергии - LCOE (англ, levelized cost of electricity). LCOE представляет собой расчетную себестоимость производства электроэнергии на протяжении всего проектного жизненного цикла электростанции. Он рассчитывается путем деления приведенных (дисконтированных) полных расходов в течение жизненного цикла объекта на расчетный объем выработки электроэнергии за тот же период.

Этот же показатель может быть использован и для сравнения различных типов накопителей энергии между собой и сценариев их использования. Он рассчитывается как отношение суммы затрат на систему накопления энергии к объему электроэнергии, отпущенной (разряженной) СНЭ за весь срок службы.

На рис.3 приведена систематизация затрат на хранение энергии и дана сравнительная оценка общей стоимости накопителей энергии на 2020 и 2030 годы по мощности (МВт), продолжительности (ч) и типу технологии выполненная на основе анализа приведённой стоимости хранения (LCOE) [7].

Чем меньше величина LCOE для данного типа накопителя, тем более выгодным является процесс вытеснения им всех других, у которых величина LCOE больше. Поэтому из сравнения показателей стоимости этой технологии с другими технологиями (рис.3), легко понять и определить эффективность применения технологии криогенного накопления энергии. Однако заметим, что возможности накопителей энергии очень широки, поэтому правила энергетического рынка должны учитывать системную ценность проектов и отбирать их с учетом данного критерия. Так, более дорогой (с точки зрения LCOE) проект может быть предпочтительнее, если он обеспечивает высокую эффективность использования системы.

Здесь необходимо также заметить, что на рис.3 приведена стоимость аналогичной технологии, основанной на сжатом газе. Однако в криогенной технологии используются тонкостенные «криобаки», в которых давление атмосферное, поэтому эта технология оказывается дешевле, чем технология, основанная на аккумуляторах сжатого газа высокого давления.

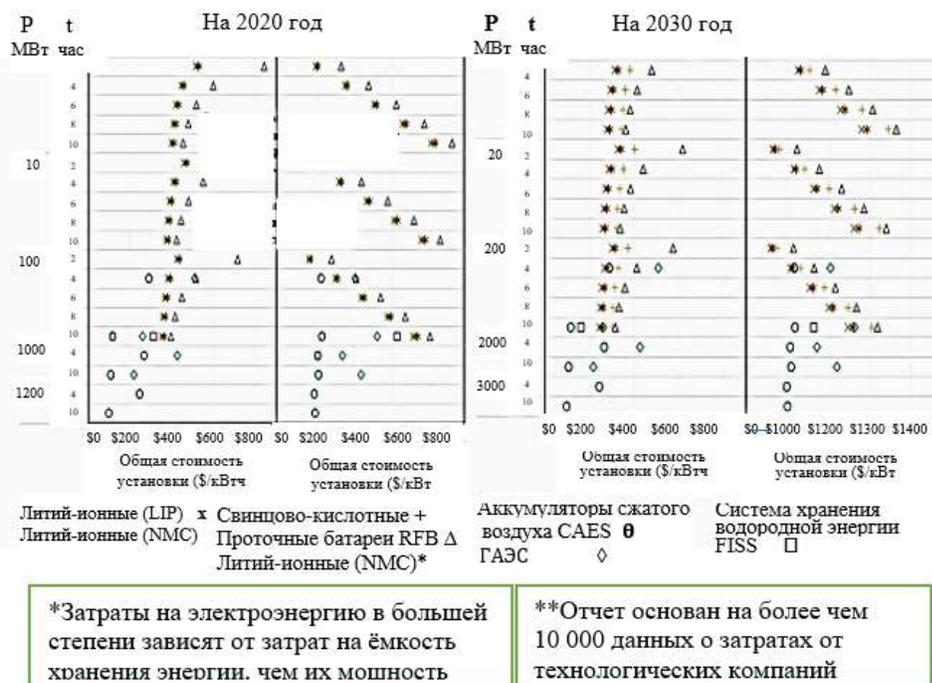


Рис.3. Сравнение оценок общей стоимости накопителей энергии по технологиям: оценка затрат систем энергии по мощности (МВт), продолжительности (ч) и типу технологии

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Отметим, что в экономических оценках мы вынуждены опираться на величину LCOE, хотя понятно, что этот показатель сильно зависит от сделанных допущений, а также условий финансирования и анализа технологического развития, которые оказывают существенное влияние на расчет LCOE и могут меняться непредсказуемо в течение срока службы оборудования в связи с различными факторами. Поэтому в литературе можно встретить информацию о том, что величина LCOE не является точным показателем сравнительной оценки выбора наиболее экономичного источника. Но так как другого показателя нет, практически все литературные источники его используют, поэтому и мы на него опираемся.

В заключение отметим, что:

- Учитывая высокие темпы интеграции ВИЭ в ОЭС ЦА, набросы небалансов мощности от ВИЭ будут происходить систематически и вероятность аварий в ОЭС ЦА без принятия соответствующих мер может возрасти.

- Пропускная способность транзитов: ЕЭС России - ЕЭС Казахстана, ЕЭС Казахстана - ОЭС ЦА задействована до пределов загрузки. Для сохранения устойчивости параллельной работы при отсутствии накопителей энергии потребуются систематически отключать потребителей в ОЭС ЦА от противоаварийной автоматики.

- До инициирования новых проектов на основе ВИЭ, к 2026 году необходимо создать достаточные резервные балансирующие электростанции мощностью порядка 3000 МВт для регулирования ФЭС и ВЭС, принятых в эксплуатацию.

Для предотвращения возможного ущерба, вызванного нестабильностью выработки ВЭС и ФЭС, необходимо определить допустимую долю ВИЭ в составе генерирующих мощностей в энергосистемах стран ЦА, безопасную для сохранения устойчивой работы ОЭС ЦА; определить необходимый объем строительства накопителей электрической энергии с разработкой единых технических требований к объектам нестабильной генерации, функционирующих на основе использования ВИЭ в составе энергосистем. Необходимо также завершить разработку десятилетней Концепции расширения магистральных, а также низковольтных сетей и подстанций с учетом ввода новых генерирующих мощностей на базе ВИЭ, обновить десятилетнюю Концепцию развития генерирующих мощностей. Создание взаимодействия между операторами электрических и газовых сетей региона призвано обеспечить работу ГТС в соответствии с графиком энергосистемы [9-11].

Литература

1. Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы. / Министерство энергетики РУз, 2020. Официальный сайт Министерства энергетики Республики Узбекистан.

2. Шамсиев Х.А., Шамсиев Б.Х. Уроки блэкаута в ОЭС Центральной Азии. // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2022. -№1.

3. Визгалов С.В., Шарапов И. И., Хисамеев И. Г. Системы хранения энергии на

основе криогенных технологий сжижения воздуха. // Вестник Международной академии холода. 2022. № 2. -С. 21-26. DOI:10.17586/1606-4313 -2022-21 -2-21 -26.

4. Трофимов Г. Направление развития электроэнергетики Казахстана. //Энергетика. Вестник Союза инженеров-энергетиков Республики Казахстан. № 3 (78), 2021. -С. 7-27.

5. Кладовая чистой энергии, или Перспективы криогенной технологии. World News. 29 апреля 2022. <https://dknews.kz/ru/chitayte-v-nomere/232186-kladovaya-chisteyshey-energii-ili-perspektivu>.

6. Криогенные системы накопления и хранения энергии. <https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/kriogennye-sistemy-nakopleniya-i-khraneniya-energii/>.

7. Energy Storage Cost and Performance Database, <https://www.pnnl.gov/ESGC-cost-performance>.

8. Трофимов Г.Г., Петухов Ю. Перспективы использования криогенной технологии в энергосистеме Казахстана. //Энергетика. Вестник Союза инженеров-энергетиков Республики Казахстан. №4 (83), 2022. -С.22-29.

9. Насиров Т.Х., Непомнящий В.А., Шамсиев Х.А. Влияние ветровых и солнечных электростанций на управляемость и надежность функционирования энергосистем. /Республиканская научно-техническая конференции «Новые технологии - основа развития энергетики Узбекистана», ТашГТУ, декабрь 2020 г.

10. Хамидов Ш.В., Шамсиев Х.А. Вопросы интеграции ВИЭ в ОЭС ЦА и рекомендации. /Презентация на Форуме высокого уровня «ЕС - Центральная Азия». Орг.: Energy Charter Secretariat. 4 ноября 2021. https://www.energycharter.org/fileadmin/ImagesMedia/News/Panel_2_CDC_Energiya_Mr_Shukhrat_Khamidov.pdf.

11. Насиров Т.Х., Трофимов Г.Г., Шамсиев Х.А., Воротницкий В.Э. Проблемы и пути обеспечения параллельной работы энергосистем России и Центральной Азии. //Электрические станции. 2022, -№10. -С.2-9.

*Представлено Институтом проблем энергетики
Академии наук Республики Узбекистан*

УДК 620.9:621.3

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
УЗБЕКИСТАНА

Р.А. Ситдиков, О.В. Радионова

Мақолада Ўзбекистон Республикаси электр энергетикасини модернизация қилиши ва барқарор ривожлантириши муаммолари муҳокама қилинади ва уларнинг асосий йўналишлари кўриб чиқилади, зарур таркибий қисмларнинг ишлаб чиқилган рўйхати ва уларни муваффақиятли ҳал этиши тадбирлари, шунингдек амалга оширишнинг кутилаётган натижалари келтирилган.

Калим сўзлар: электр энергетика, модернизация, энергетика тизими, ишонччилик, электр тармоқлари, кучланиш, актив қувват.

В статье рассматриваются проблемы модернизации и устойчивого развития электроэнергетики Республики Узбекистан и анализируются их основные направления; для их успешного решения приводятся механизмы в виде необходимых компонент и мероприятий, а также ожидаемые результаты их внедрения.

Ключевые слова: электроэнергетика, модернизация, энергосистема, надежность, электрические сети, напряжение, активная мощность.

The article discusses the problems of modernization and sustainable development of the electric power industry of the Republic of Uzbekistan and analyzes their main directions, provides a developed list of necessary components and measures for their successful solution, as well as the expected results of implementation.

Key words: electric energy, modernization, energy system, reliability, electric networks, voltage, active power.

Электроэнергетика Узбекистана – большая система [1,2], которая в настоящее время находится на стадии бурного развития, комплексной реконструкции и модернизации. Изменения во многих случаях носят интенсивный характер, что соответствует современному состоянию мирового индустриального развития, т.е. “Четвёртой промышленной революции” [3]. Подобная ситуация подразумевает не только использование новых технологий и установку инновационного оборудования, но и внедрение новых принципов и концепций, реализацию новых моделей управления, эффективное прогнозирование и планирование отраслевого развития энергетических объектов, заботу об экологии, выполнение различных положений и обязательств (перед населением, другими отраслями экономики, соседними странами, международным сообществом) и т.д. Для успешного решения задач развития и модернизации необходим системный подход, а также использование

многофакторных, многоцелевых методов прогнозирования, планирования и принятия решений.

Современная электроэнергетика - сложный механизм, основные направления развития и модернизации которой носят комплексный характер, что подразумевает разработку и успешное внедрение множества различных мероприятий, которые могут быть краткосрочными, среднесрочными, долгосрочными или постоянными [4].

В период 2016-2020 гг. выполнялись назревшие и необходимые положения развития электроэнергетики Узбекистана [5,6]:

- сохранение тенденции снижения потребления природного газа и увеличения доли угля в структуре потребления ТЭР;
- полное удовлетворение возрастающих потребностей в электроэнергии отраслей экономики и экспортных поставок;
- ускорение освоения значительного потенциала гидроэнергетических ресурсов;
- диверсификация топливно-энергетического баланса с внедрением нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- дальнейшее повышение эффективности энергопроизводства, снижение энергоемкости продукции;
- формирование оптимальной конфигурации магистральных электрических сетей для повышения устойчивости энергосистемы и надежности электроснабжения потребителей.

В настоящее время эти положения стали ещё более востребованными и актуальными, о чем говорит ряд указов и постановлений Президента и Кабинета Министров Республики Узбекистан [7-10 и др.]. В республике также обновлена и принята достаточно полная нормативно-правовая база (законы, концепции, положения и др.) для развития электроэнергетики [11-13].

Энергетиками Узбекистана решается острая задача снижения доли потребления дефицитного природного газа. Реализация проектов с внедрением современных парогазовых технологий (ПГУ) и возобновляемых источников энергии позволяет экономить значительные объёмы природного газа, в том числе за счет увеличения объемов сжигания угля и его использования для получения подземного синтез-газа [2].

Главный потенциал электроэнергетики Узбекистана в настоящее время составляют тепловые электростанции общей мощностью более 14 млн. кВт (при общей мощности ЭЭС РУз 17 млн. кВт). Основная доля производства электроэнергии приходится на ТЭС – около 88%, а на ГЭС и другие источники – 12% [14].

Силовое оборудование ТЭС (типа КЭС) энергосистемы Узбекистана отработало свой срок эксплуатации, и поэтому проблема модернизации и реконструкции таких установок энергосистемы в ПГУ стала первоочередной. Модернизация связана с необходимостью преодолеть нарастающее технологическое отставание, моральное и физическое старение основных фондов, повышения

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

экономичности, устойчивости и надежности энергоснабжения, обеспечения энергетической безопасности страны.

В настоящее время по уровню энергоэффективности Узбекистан значительно отстает от развитых и многих развивающихся стран - это отрицательно сказывается на его общей экономической конкурентоспособности. Несмотря на то, что за последние 20 лет наблюдается снижение показателя энергоемкости экономики Узбекистана, ее величина достаточно высока – в три раза выше мирового показателя - 0,21 т.н.э./1000 долл. США [15].

Необходимо активно продолжить модернизацию и дальнейшее развитие электроэнергетики. Известно, что в теоретическом плане, на основе мирового опыта рассматриваются три основных типа стратегии модернизации [16,17]:

- «передовых рубежей»;
- использования природных ресурсов;
- «догоняющей модернизации».

Очевидно, что каждая страна проводит модернизацию по-своему; учитывая специфику состояния национальной энергосистемы, обеспеченность энергоресурсами и т.д. В то же время можно выделить ряд общих черт, которые присущи модернизационным преобразованиям в разных странах. Кратко рассмотрим перечисленные типы модернизаций.

Стратегия «передовых рубежей» [16,17]. В настоящее время этой стратегии придерживаются доминирующие высокотехнологичные государства (США, Япония, Германия, Франция, Англия и ряд других стран). Эта стратегия состоит в том, чтобы, опираясь на достижения научно-технического прогресса, создавать новые продукты и технологии, формировать рыночный спрос на них.

Стратегия использования природных ресурсов [16,17]. Суть стратегии – в освоении и экспорте природных ресурсов с привлечением иностранных инвестиций и последующим использованием полученных доходов для повышения благосостояния населения, модернизации и развития ряда приоритетных отраслей, ориентированных на внутренний рынок. Ее придерживаются в основном страны, обладающие большими запасами природных, прежде всего углеводородных ресурсов, добыча и экспорт которых является основными факторами, обеспечивающими рост ВВП. К ним относятся богатые нефтью страны Персидского залива, а также Австралия, Канада, Норвегия, Финляндия, Чили, Россия и страны так называемого четвертого мира - наиболее бедные страны Африки и отчасти Латинской Америки.

Мировой опыт показывает, что влияние сырьевого сектора на развитие экономики может быть как положительным, так и отрицательным - всё зависит от типа связей сырьевого сектора с остальной индустриальной системой. В этом отношении показателен пример таких стран как Норвегия, Канада, Австралия, Финляндии. Эти страны смогли разумно распорядиться своими энергетическими и сырьевыми ресурсами и обеспечить устойчивое развитие своих экономик.

Стратегия «догоняющей модернизации» [16,17]. Её называют стратегией «преследования», которая представляет собой ответ на внешние вызовы со стороны

более развитых стран, и реализуется путем заимствования чужих технологий, приглашения специалистов, обучения за рубежом, инвестиций. Промышленность, опираясь главным образом на дешевую рабочую силу, осваивает производство конкурентоспособной продукции, производившейся ранее в развитых странах, и заполняет более дешевыми изделиями рынки, с которых эти страны вытесняются.

Важно отметить, что во всех случаях удачно проведенной догоняющей модернизации присутствует инвестиционная и финансовая помощь других, более развитых стран, которые в значительной мере помогают в реализации уже имеющихся в стране резервов (производственных, финансовых, трудовых, научных и т.д.). Такой стратегии придерживались Япония, Южная Корея, другие страны Юго-Восточной Азии, ряд стран Латинской Америки, в значительной мере ее использовал и Китай.

Очевидно, что соответствующей стратегии модернизации энергетики необходимо следовать и Узбекистану: представляется очевидным, что наиболее подходящей является стратегия «догоняющей модернизации».

С целью модернизации генерирующих мощностей к 2030 г. в Узбекистане планируется осуществить масштабное внедрение оборудования, работающего в экологически чистом и экономичном парогазовом цикле, использование атомной энергии и возобновляемых источников в виде солнечной и ветровой энергии.

Стратегически важным инфраструктурным проектом, который объединит инновационные подходы и решения, является создание интеллектуальной электроэнергетической системы [2,18,19], отвечающей на современные вызовы общества: повышенные требования к надежности и качеству электроэнергии, массовое развитие распределенной энергетики, становление практики управления спросом. В табл.1 приводятся итоги анализа основных направлений развития электроэнергетики Узбекистана с ожидаемыми результатами внедрения предлагаемых мероприятий.

Для реализации указанных мероприятий развития необходимы обеспечивающие её компоненты:

инвестиционно-финансовая;

научная;

нормативно-правовая, в том числе соответствующая стандартизация;

квалифицированный персонал;

техническая;

информационная, в том числе использование облачных и Интернет-технологий, обеспечение кибербезопасности;

программная (математическая);

организационная;

и другие.

Отсутствие какой-либо компоненты или её несоответствие решаемым задачам, могут привести к замедлению, неполному развитию или к дисфункции одного или нескольких направлений развития. Каждая из компонент требует тщательной взаимосвязи и соответствия остальным компонентам.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Что касается реализации основных направлений развития (табл.1) и их взаимосвязи с обозначенными компонентами, то они должны быть понятны, а также выгодны и необходимы всем участникам развития и модернизации электроэнергетики: государственным органам, бизнесу, производителям и потребителям электроэнергии, а также обществу в виде широких слоев населения. В этом случае все планируемые цели развития электроэнергетики будут эффективно выполнены.

В республике необходимо усилить работу по дальнейшему развитию соответствующей нормативно-правовой базы, включающей также разработку гармонизированных с международными стандартов, правил, концепций, программ.

Таблица 1

Основные направления развития электроэнергетики Узбекистана

№	направление	реализуемые мероприятия	ожидаемые результаты
1	строительство новых источников генерирующих мощностей и модернизация старых	строительство АЭС, мощных станций на ВИЭ, развитие малой энергетики и распределённой генерации; развитие когенерации и использование новых технологий сжигания угля; использование ГАЭС и других накопителей энергии; развитие водородных технологий	повышение устойчивости и эффективности электроснабжения; снижение удельного расхода топлива; снижение нагрузки на экологию
2	реконструкция и дальнейшее развитие электрических сетей	строительство новых и реконструкция старых ЛЭП высокого и низкого напряжения; использование новых технологий и конструкций ЛЭП; использование ЛЭП постоянного напряжения и сверхпроводимости; развитие концепции SMART GRID	повышение пропускной способности ЛЭП и снижение потерь при передаче и распределении электроэнергии
3	интеллектуализация и цифровизация электроэнергетики	использование цифровых технологий и искусственного интеллекта в системах управления, релейной защиты, автоматики и контроля; дальнейшее развитие АИИСКУЭ, систем FACTS, SCADA и других	повышение кибербезопасности, точности, оперативности, экономичности и др.
4	техническое перевооружение и модернизация энергопотребляющих устройств и объектов	использование новых конструкций, технологий и систем преобразования и потребления электроэнергии (электротепловых, электромеханических, осветительных и др.), развитие систем электрического транспорта	повышение экономичности процессов и установок потребления электроэнергии, выполнение обязательств по Парижскому климатическому соглашению

5	кооперация и укрепление связей с энергосистемами соседних стран	строительство новых межсистемных ЛЭП, координация управления режимами и развитием объединением национальных энергосистем; использование передового зарубежного опыта	повышение надёжности и экономичности систем электроснабжения
6	подготовка и подбор кадров; расширение НИР	повышение качества подготовки; расширение специальностей обучения бакалавров, магистров, докторантов; контроль их целевого использования; обучение за рубежом; увеличение инновационных НИР и расширение их финансирования	повышение эффективности прогнозирования, проектирования, строительства и эксплуатации ЭЭС

В работе проведён анализ условий развития электроэнергетики Республики Узбекистан, показана его неотъемлемость от развития других сфер экономики и деятельности общества.

Для полной реализации системного эффекта необходимо объединить усилия всех сторон — государства, инновационного сообщества, науки и образования. Определены необходимые механизмы решения проблемы, определяющие эффективные пути её решения.

Необходима разработка концепции поэтапного развития, в которой отразить структуру, динамику и оптимальное сочетание компонент и мероприятий, отражающих будущее функционирование ЭЭС и составляющих её элементов и подсистем.

Комплексное развитие электроэнергетической отрасли является детищем технического прогресса, требует обязательной координации усилий государства, бизнеса, производителей и потребителей электроэнергии, а её успешная реализация возможна только в том случае, если реализуемые мероприятия будут выгодны всем участникам процесса.

Литература

1. Баринов В.А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / В.А. Баринов, Л.С. Болотова. — М.: Финансы и статистика, 2017. — 848 с.
2. Аллаев К.Р. Современная энергетика мира и перспективы её развития. /под ред. акад.Салимова А.У. -Т.:”Fan va texnologiyalar nashriet-matbaa uyi”, 2021. -952 с.
3. Шваб К. Четвертая промышленная революция. -М.: Эксмо, 2016, 208 с.
4. Интеллектуальное развитие электроэнергетики с участием активного потребителя / под ред. Бушуева В.В. -М.: Энергия, 2013. 84 с.
5. <http://uzbekistan.polpred.com/?cnt=12&ns=1§or=19>. Узбекистан: Нефть, газ, уголь, электроэнергетика, 2017.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

6. <http://www.uzinform.com/ru/news/20111119/09988.html>. "Узбекэнерго" рассказало о планах развития до 2020 года.
7. Постановление Президента Республики Узбекистан от 13 июля 2016 года № ПП-2559 «О мерах по дальнейшему совершенствованию научно-технической деятельности в сфере электроэнергетики».
8. Указ Президента Республики Узбекистан от 1 февраля 2019 г. № УП-5646 «О мерах по коренному совершенствованию системы управления топливно-энергетической отраслью Республики Узбекистан».
9. Постановление Президента Республики Узбекистан от 27 марта 2019 г. № ПП-4249 «О стратегии дальнейшего развития и реформирования электроэнергетической отрасли Республики Узбекистан».
10. Постановление Президента Республики Узбекистан от 22 августа 2019 г. № ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии».
11. Закон Республики Узбекистан «Об электроэнергетике». Ташкент. 2009.
12. Закон Республики Узбекистан «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Узбекистан "О рациональном использовании энергии"» (июль 2020).
13. Закон Республики Узбекистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» (май 2019).
14. www.uzenergy.uzpak.uz.
15. www.minenergo.uz.
16. Молодцов С.Д. Региональная концепция политики повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в Центральной Азии на период с 2011 по 2015 гг. М. Центр Энергетической Политики. Конференция ООН. Экономическая и социальная комиссия для стран Азии и Тихоокеанского региона. Астана. 2010 г.
17. Тульчинская Я. Модернизация электроэнергетики: проблемы и перспективы. М. Энергорынок, 10 (81) 2010, 18 с.
18. Rashid Sitdikov, Olga Radionova and Surayo Talipova. Digital transformation of the power system of the Republic of Uzbekistan. // Rudenko international conference "methodological problems in reliability study of large energy systems" (RSES 2021): AIP Conference Proceedings 2552, 030001 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0116165>.
19. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш., Ситдилов Р.А., Васильев В.Г. Методы повышения эффективности режимов электрических сетей энергосистем. –Т.: Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи. 2020. -276 с.

*Представлено Ташкентским
государственным техническим университетом*

УДК 338.24, 620.98

**ПРЕДПОСЫЛКИ К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РЕГЛАМЕНТА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН****Н.Р. Авезова, Н.Н. Далмурадова**

Жаҳон иқтисодиётининг изчил глобаллашуви, кузатилаётган энергетика инқирози шароитида дунё давлатларининг таиқи иқтисодий ва таиқи сиёсий стратегияларида энергия омилининг ўрни ва аҳамияти сезиларли даражада ортиб бормоқда. Ҳар бир давлат учун энергетик хавфсизликни таъминлаш ва энергетик мустақилликка эришиш масалалари биринчи ўринга чиқмоқда, бу эса ўз навбатида халқаро энергетик ҳамкорликни чуқурлаштириши ва барча мамлакатлар учун миллий хавфсизлик муаммоларини ҳал этишини тақозо қилади. Ўзбекистон ҳукумати олдида қўйилган ва ривожланишининг инновацион йўлига ўтиши ҳамда мамлакатни ривожлантиришининг давлат Стратегиясини амалга ошириши билан боғлиқ бўлган вазифалар, саноатнинг юқори технологияли тармоқларида импорт ўрнини босишига эришиши ва стратегик аҳамиятга эга энергетика объектлари учун рақобатбардош ишлаб чиқаришини яратиши; муқобил энергия манбаларини, шунингдек, янги энергетик технологияларини ривожлантириши, мамлакат миллий хавфсизлигини таъминлашга қодир ахборот ва интеллектуал боиқарув тизимларини кучайтириши, ушбу жараёнларни давлат даражасида боиқариши тизимини такомиллаштиришини, хусусан, мамлакатнинг энергетик хавфсизлик бўйича меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларни ишлаб чиқишини талаб этмоқда. Ушбу мақола республикада энергетик кўрсаткичларга эришиши ва қўшни давлатлар билан таиқи сиёсат алоқалари соҳасидаги мавжуд вазиятни таҳлил қилиши ва ўрганиши, шунингдек, соҳани тартибга солувчи ҳуқуқий инфратузилма мавжудлиги билан боғлиқ вазиятни ўрганишига бағишланган. Шунингдек, мақолада, Марказий Осиёнинг айрим мамлакатларида энергетик хавфсизликни таъминлаш бўйича мавжуд вазият ўрганилган ва таҳлил қилинган. Бундан таиқари, мақолада, географик, экологик, иқтисодий, техноген, техник-технологик ва боиқа жиҳатларни ҳисобга олган ҳолда Ўзбекистоннинг энергетик хавфсизлиги бўйича миллий регламентни ишлаб чиқиши зарурлиги кўрсатилган.

Калит сўзлар: *энергетик хавфсизлик, энергия мустақиллиги, энергия сиёсати, ёқилги-энергетика комплекси, барқарор ривожланиши мақсадлари, Жаҳон энергетик трилеммаси, яшил иқтисодиёт, диверсификация, декарбонизация, тармоқланган энергетика, энергетика тармогини рақамлаштириши, интеллектуал энергия тизимлари, узоқ муддатли ривожланиши дастури.*

В условиях прогрессирующей глобализации мировой экономики, и наблюдаемого энергетического кризиса, роль и значение энергетического фактора во

внешнеэкономической и внешнеполитической стратегии стран мира существенно повышается. Вопросы обеспечения энергетической безопасности и достижения энергетической самостоятельности для каждого государства выходят на передовые места, что в свою очередь способствует углублению международного энергетического сотрудничества и решению проблем национальной безопасности всех стран. Задачи, поставленные перед Узбекистаном, и связанные с переходом к инновационному пути развития и реализации государственной Стратегии развития страны, в целях достижения импортозамещения в наукоемких отраслях промышленности, создания собственных конкурентоспособных производств для важных энергетических объектов, развитие альтернативных источников энергии, а также новых энергетических технологий, информационно-интеллектуальных систем управления, способных обеспечить национальную безопасность страны, диктуют совершенствование системы управления данными процессами на уровне государства, в частности, разработку нормативно-управленческого документа по энергетической безопасности страны. Данная статья посвящена анализу и изучению нынешней ситуации в области достижения энергетических показателей в республике и связей с соседними странами, также исследованию ситуации по наличию нормативной инфраструктуры в области обеспечения энергетической безопасности в странах Центральной Азии. В статье выявлена необходимость разработки национального Регламента по энергетической безопасности Узбекистана, с учетом географических, экологических, экономических, техногенных, технологических и других аспектов.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, энергетическая независимость, топливно-энергетический комплекс, Цели устойчивого развития, Мировая энергетическая трилемма, зеленая экономика, диверсификация, декарбонизация, цифровизация, распределенная энергетика, интеллектуальные энергетические системы, программа долгосрочного развития.

In the conditions of the progressive globalization of the world economy, and the observed energy crisis, the role and importance of the energy factor in the foreign economic and foreign policy strategy of the countries of the world is significantly increasing. The issues of ensuring energy security and achieving energy independence for each state are coming to the forefront, which in turn contributes to deepening international energy cooperation and solving national security problems of all countries. The tasks set for Uzbekistan and related to the transition to an innovative way of development and implementation of the state development Strategy of the country, in order to achieve import substitution in knowledge-intensive industries and create their own competitive production facilities for strategically important energy facilities, the development of alternative energy sources, as well as new energy technologies, information and intelligent management systems capable of ensuring national security countries, improvements in the management

system of these processes at the state level are dictated, in particular, to develop a regulatory and management document on energy security in the country. This article is devoted to the analysis and study of the current situation in the field of achieving energy indicators in the republic and foreign policy relations with neighboring countries, as well as the study of the situation on the availability of regulatory infrastructure in the field of energy security in some Central Asian countries. Also, the article reveals the need to develop a national regulation on energy security in Uzbekistan, taking into account geographical, environmental, economic, technogenic, technical and technological and other aspects.

Key words: *energy security, energy independence, energy policy, fuel and energy complex, Sustainable Development Goals, global energy trilemma, green economy, diversification, decarbonization, digitalization, distributed energy, smart energy systems, long-term development program.*

В условиях развития глобальных и разнообразных энергетических рынков и появления транснациональных проблем, возникающих в результате преобразования и использования энергии, понятие энергетической безопасности (ЭБ) включает в себя важные соображения, такие как изменение климата и различные экономические и международные аспекты энергетической политики. Всеобъемлющее определение «энергетической безопасности» наряду с его функцией как основой анализа прогнозируемых энергетических сценариев, приведут к повышению уровня ЭБ в более масштабном смысле, так как «...сложность, масштабность и глубина энергетических проблем современности выдвигает энергетическую безопасность в ряд наиболее важных составляющих национальной безопасности» [1]. Переход к новой системе экологичного энергоснабжения с использованием большого количества ВИЭ в комбинации с накопителями энергии и АЭС, требует совершенно иного подхода для разработки сценариев развития энергетики стран как в краткосрочной, так и в средне- и долгосрочной перспективе.

В связи с тем, что «...на настоящий момент развитие экономики достигло уровня, при котором энергетическая сфера по своему влиянию на другие составляющие экономики играет ключевую роль» [2], обеспечение ЭБ является актуальным при достижении цели №7 Целей устойчивого развития (ЦУР) – обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех, и «является одной из главных для обеспечения условий закрепления независимости и социально-экономического развития любого государства» [3].

Согласно экспертам, «Узбекистан является одной из немногих стран мира, которая полностью обеспечивает себя электроэнергией за счет собственных ресурсов» [4]. В стране сформирована институциональная инфраструктура в области энергополитики, установлены цели и пути безболезненного достижения углеродной нейтральности согласно мировым регламентирующим документам (Рамочной

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Конвенции по изменению климата (РКИК ООН), Парижское соглашение по климату).

Узбекистан является членом значимых международных сообществ и программ в области энергетики, таких как – ЭСКАТО (Экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана), Электроэнергетический Совет Содружества Независимых Государств, ШОС, CAWER, USAID, WB и др., которые направлены на создание условий для повышения ЭБ на региональном уровне и в странах-бенефициарах. Также основной задачей вышеперечисленных организаций и программ в целом является укрепление стабильности и ЭБ на широком пространстве, развитие экономического и энергетического партнёрства, управление процессом глобализации в области устойчивого развития [5, 6]. В ЕАЭС Узбекистан пока является наблюдателем и активным торговым партнером стран-членов организации. В данном контексте необходимо отметить, что на статус и уровень ЭБ государства сильно влияют международные отношения с близкими соседями, которые определяют перспективу развития энергетической инфраструктуры региона. Так, газопровод Туркменистан-Узбекистан-Казахстан-Китай (2010г.) стал серьезным фактором ЭБ в Центральной Азии (ЦА), который преследует «...повышение энергетической самодостаточности и безопасности стран ЦА» [7].

В табл.1 представлены ключевые энергетические показатели некоторых стран СНГ. Анализ данных табл.1 показывает, что конечное энергопотребление в Казахстане (РК) за 2019 г. слишком большое – 85000 млн. кВт·ч при количестве населения 18,632 млн. человек, тогда как в Узбекистане (РУз) (33,256 млн чел), Кыргызстане (КР) (6,389 млн.чел), Туркмении (5,939 млн.чел), Таджикистане (РТ) (9,292 млн.чел), Беларуси (РБ) (9,429 млн чел) и Армении (РА) (2,963 млн чел) этот показатель был равен 54000, 12356, 12476, 14176, 40300, 5839 млн. кВт·ч., соответственно.

В раскладе, что Казахстан является крупным нетто-экспортером ископаемого топлива (экспортирует около 80% нефти, имеет огромный запас угля и добыча относительно дешевая), согласно Концепции РК по переходу к зеленой экономике (2013 г.) предусматривает производство 50% электроэнергии из альтернативных или возобновляемых источников, в число которых входит и ядерная энергия [8]. Также Казахстан является первой страной в ЦА, начавшая торговлю квотами на выбросы (2013 г.). В связи с чем, показатели экспорта энергоресурсов и собственно электрической энергии тоже высоки. Данный факт существенно влияет на уровень энергетической самостоятельности и ЭБ страны. В Индексе Мировой энергетической Трилеммы за 2021 год [9], оценивающим рейтинг стран по трем ключевым показателям – ЭБ, энергетического равенства (справедливый доступ к энергетическим ресурсам) и экологической устойчивости, опубликованным Мировым энергетическим советом (МИРЭС), Казахстан находится на 40-м, Армения

на 53-м, Таджикистан на 74-м местах, остальные страны СНГ, рассматриваемые нами, не вошли в данный список.

Таблица 1

Ключевые энергетические показатели некоторых стран СНГ*

№	Страна	Уз	РК	КР	РТ	Туркмения	РА	РБ
1	Кол-во населения, млн чел	33,256	18,632	6,389	9,292	5,939	2,963	9,429
2	ВВП (ППС*), млрд. долл. США	297	543	35,3	41,8	109	43,4	203
3	Конечное потребление электроэнергии, млн кВт.ч	54000	85000	12356	14167	12476	5839	40300
4	Душевое (валовое) потребление электроэнергии, кВт.ч	1629	3862	1934	1525	2101	1971	3280
5	Импорт/экспорт электрической энергии, млн кВт.ч	11000/13000	1400/5200	332/185	103/1400	-/3200	275/1,52	6400/4000
6	Импорт/экспорт топлива (нефть), тыс. т. в сутки	0,082/5,267	0,289/276	0,874/-	-/-	-/13,3	0,95/	92,0/6,2
	Импорт/экспорт топлива (газ), тыс. т. в сутки	-/1084,760	6636/14771	196/-	-/-	-/44014	3003/-	20230/-
7	Цели по достижению углеродной нейтральности	достижение углеродной нейтральности к 2050 г.	достижение углеродной нейтральности к 2060 г.	достижение углеродной нейтральности к 2050 г.	достижение углеродной нейтральности к 2050 г.	Не указаны	достижение углеродной нейтральности к 2050 г.	достижение углеродной нейтральности к 2050 г.
8	Цели по сокр. CO ₂	35% до 2030 г.	35% до 2030 г.	35% до 2030 г.		Не указаны	40% до 2030 г.	35% до 2030 г.
9	Цели по повышению доли ВИЭ	25% к 2030 г.	15% к 2030 г.	25% к 2030 г.	20% к 2030 г.	Не указаны	70% к 2030 г.	Удерживать на уровне 8% к 2025 г.
10	Наличие АЭС в ТЭК страны	Планируется к 2030 г.	Планируется к 2035 г.	отсутствует	отсутствует	отсутствует	В эксплуатации	В эксплуатации

* Данные за 2019 г. получены из сайта www.eeseaec.org.

Кыргызстан идёт по пути общему для развивающихся стран, уделяя внимание экономическому росту в ущерб рациональному использованию энергии. Несмотря на то, что обильные водные ресурсы Кыргызстана делают гидроэнергетику важным источником энергии (почти 30% первичных ТЭР), а уголь является вторым по значимости источником первичных ТЭР (около 50%), Кыргызстан является нетто-импортером энергоресурсов, и для этой страны ЭБ в части устойчивого обеспечения первичными ТЭР – это наиболее важный вопрос энергетической политики. Согласно экспертам, «...для обеспечения энергетической безопасности необходимо осуществить модернизацию во многом морально устаревшей и физически изношенной технологической базы ТЭК и обеспечить воспроизводство его вырабатываемой ресурсной базы, а также изменение структуры потребления и

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

размещения производства ТЭР. При этом предусматривается увеличение использования гидроэнергетических ресурсов». В проекте Концепции развития ТЭК до 2030 г. Кыргызстан прогнозирует возможность экспорта в объеме 1,7 млрд кВт.ч при завершении проекта CASA-1000 и свыше 4 млрд кВт.ч ежегодно в ОЭС ЦА при сооружении Камбаратинской ГЭС-1, на электроэнергию от которой и рассчитывает Узбекистан [10].

Таджикистан обладает огромными запасами гидроэнергетических ресурсов, которые оцениваются в 527 млрд. кВт.ч. в год. Основу энергетики Таджикистана, на 95 и более процентов составляет гидроэнергетика. Кроме гидроэнергетических ресурсов Таджикистан располагает значительными запасами угля, запасы которого оцениваются в 4,5 млрд. тонн. Географическая близость Таджикистана к некоторым из самых быстрорастущих энергетических рынков мира означает, что инвестиции в развитие его гидроэнергетического потенциала могут способствовать региональной ЭБ и переходу на экологически чистую энергию, в дополнение к решению проблемы высокой уязвимости Таджикистана к изменению климата и стихийным бедствиям [11]. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года преследует увеличение мощности гидроэнергетики на 10 гигаватт и увеличение годового экспорта электроэнергии на 10 ТВтч; при достижении данных целей страна значительно улучшит свою ситуацию по обеспечению ЭБ.

Сегодня Туркменистан является крупнейшим экспортером электроэнергии в регионе и многие годы страна поставляет электроэнергию по льготным ценам в соседние страны [12]. Основу экспорта Туркменистана, обладающего одними из крупнейших в мире запасами углеводородных ресурсов – газа и нефти, традиционно составляет продукция ТЭК. Также Туркменистан стал первой страной в регионе и одной из немногих стран, первым адаптировавших показатели ЦУР к Национальным программам развития. Огромными перспективами обладает также строящаяся международная газовая магистраль Туркменистан-Афганистан-Пакистан-Индия (ТАПИ), с 2030 года Туркменистан планирует добиться нулевого роста выброса парниковых газов [13]. Кроме того, Туркменистан прилагает усилия в комплексном решении вопросов энергетической и водной безопасности в регионе ЦА.

Армения пока единственная страна в Закавказско-Каспийском регионе, в которой отсутствует нефтепереработка и нефтяная промышленность в целом, и страна полностью зависима от импорта газа и нефтепродуктов [14]. Не имея собственных ресурсов, Армения импортирует природный газ и нефть для удовлетворения большей части своих энергетических потребностей (78% от общего объема поставок энергии в 2018 г.). Стоит отметить, что Правительство Армении уделяет достаточное внимание на обеспечение ЭБ страны, так, в стране принята «Концепция по обеспечению энергетической безопасности». Согласно Концепции, Правительство планировало до 2020 года сократить потребление энергии на 38% и,

соответственно, энергетические расходы. Структура выработки электроэнергии в Армении достаточно диверсифицирована.

Беларусь имеет диверсифицированный промышленный профиль. Из-за своих скромных природных ресурсов, Беларусь зависит от импорта из России для удовлетворения большей части своих потребностей в энергии. Однако с запуском первого энергоблока Белорусской АЭС, мощностью 1200 МВт, эта зависимость значительно уменьшилась (по состоянию на 06.12.2022 производственные показатели БелАЭС составляют 10078,95 млн кВт·ч). Беларусь также является важной частью транзитного коридора российского газа в Западную Европу, Беларусь импортирует аналогичные объемы сырой нефти (17 млн т н.э. в 2018 г.), но большая часть нефти реэкспортируется в виде нефтепродуктов (11,4 млн т н.э.). Россия является основным поставщиком сырой нефти, перерабатываемой в Беларусь, а Беларусь, в свою очередь, является основным поставщиком нефтепродуктов в Украину. В силу настоящих фактов, можно сказать, что Беларусь надежно укрепила ЭБ на «хорошем» уровне [10, 15].

Стоит отметить, что Казахстан, Кыргызстан, Армения и Беларусь являются членами ЕАЭС, и стратегически выгодное географическое положение между значительными экспортерами энергоресурсов – Россией и странами ЦА с одной стороны, и их крупными потребителями – ЕС и Китайской Народной Республикой с другой, делает эти страны ЕАЭС важным элементом энергетической политики как экспортеров, так и импортеров углеводородов, привлекая инвестиции в межрегиональный транспорт ТЭР.

Узбекистан является самой густонаселенной среди всех вышерассмотренных стран ЦА, Узбекистан является одним из крупнейших в мире производителей природного газа, ежегодно добывая около 60 млрд. м³. С начала 2000-х годов Узбекистан ежегодно экспортирует 10–15 млрд. м³ природного газа и помимо внутренней добычи нефти, Узбекистан дополнительно импортирует сырую нефть для своих нефтеперерабатывающих заводов [16]. Стоит отметить, что жилищный сектор является крупнейшим потребителем с долей почти 40%, в то время как на сектор промышленности, транспорта и услуг приходятся примерно по 20%. Данный факт объясняет относительно высокий показатель конечного потребления электрической энергии в 54000 млн. кВт·ч. Также страна стремится достичь углеродной нейтральности к 2050 г., и увеличить долю ВИЭ в общем энергобалансе страны до 25% к 2026 г., в связи с которыми планируются установить 5 ГВт ФЭС, 3ГВт ВЭС до 2025 года [17-20].

Известно, что на сегодняшний день, стратегия развития энергетики предусматривает концепции «D» (Diversification, Decarbonisation, Decentralisation, Digitalisation) [18, 21]. Рассмотрим нынешнюю ситуацию и ближайшую перспективу в государственной энергополитике республики по вышеуказанным задачам.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

1. В области диверсификации энергобаланса, в стране принята «Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы» [22, 23], согласно которому:

- потребление электрической энергии на душу населения к 2030 году по прогнозным данным увеличится до 2665 кВт.ч. в год;

- ожидается прирост генерирующих мощностей на 16,4 тыс. МВт (диаграмма распределения генерируемых мощностей к 2030 г. по прогнозным данным приведена на рис.1).

Известно, что развитие национальной ядерной инфраструктуры в стране упорядочено Постановлением Президента РУз ПП-4165 от 08.02.2019 г. «Об утверждении концепции развития атомной энергетики в Республике Узбекистан на период 2019 – 2029 годов», согласно которому в августе 2019 года принято решение и начато строительство первой атомной электростанции мощностью 2400 МВт. Однако, эффективная реализация данного проекта может оставаться под сомнением в связи с «...ожидающим дефицитом водных ресурсов в ближайшие 30-40-50 лет» [24].

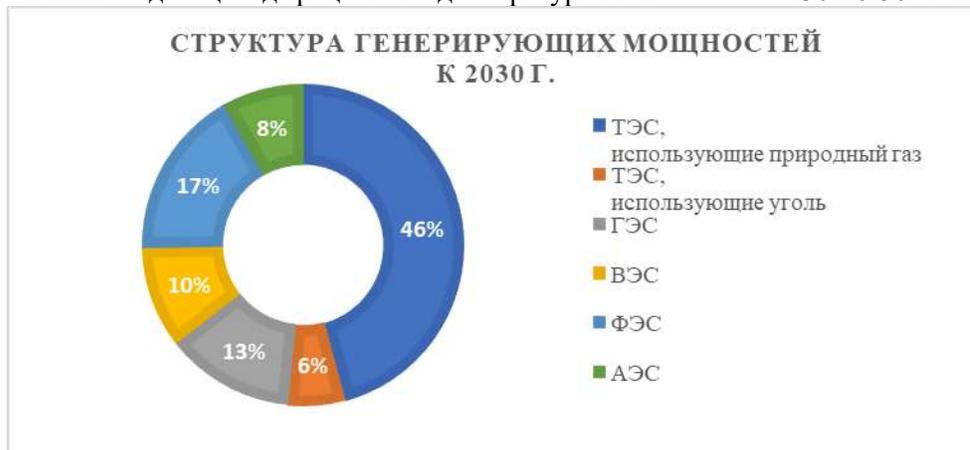


Рис.1. Диаграмма распределения генерируемых мощностей к 2030 г. согласно прогнозным данным [23]

Также несмотря на то, что ранее заявлено об обладании «значительными разведанными запасами природного газа в стране, превышающими 2,2 трлн кубометров», нынешняя ситуация, наблюдаемая в республике по увеличению масштаба и количества отключений электрообеспечения из-за острого дефицита газа, показывает серьезную ошибку в прогнозных показателях. Ситуацию пытаются взять под контроль за счёт практически полной остановки экспорта газа и электричества, увеличения импорта газа на 20%, отключения сезонных потребителей от газоснабжения. Это даст увеличение объёма поставок газового топлива на теплоэлектростанции [25]. Все вышеприведенные факты показывают, что прогноз по

увеличению генерируемых мощностей, и предложенные пути по диверсификации источников в энергобалансе страны остаются под сомнением, что, в свою очередь, диктует необходимость нахождения других путей диверсификации источников и обеспечения ЭБ.

2. Декарбонизация энергетического сектора. Узбекистан с 2019 года определил свой путь к «зеленому» будущему через декарбонизацию экономики согласно «Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 – 2030 годов», и определил свои обязанности по сокращению выбросов парниковых газов и повышению энергоэффективности в секторах экономики. Согласно Первому двухгодичному отчету по обновленным данным РУз, доминирующим сектором инвентаризации в выбросах ПГ в стране (за 2017 г.) является сектор «Энергетика», на долю которого приходится 76,3% от общих выбросов ПГ (рис.2).

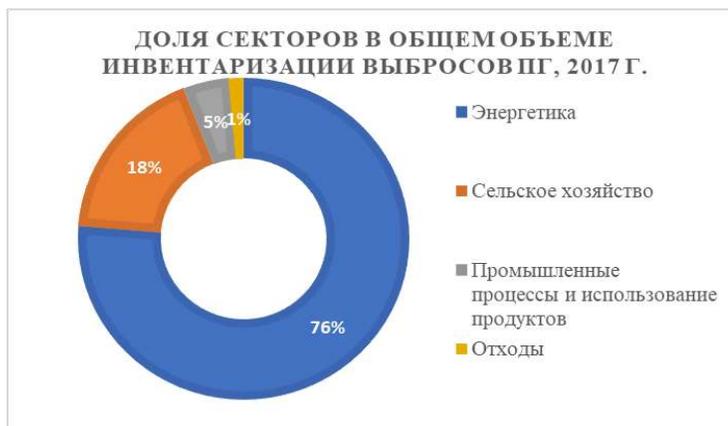


Рис.2. Диаграмма распределения выбросов ПГ по секторам экономики в РУз, 2017 г

Выбросы ПГ на душу населения в целом составляют 5,8 т CO₂-экв/чел.; в том числе выбросы CO₂ – 3,1 т CO₂-экв/чел.; метана – 2,3 т CO₂-экв/чел.; закиси азота – 0,44 т CO₂-экв/чел. [26]. В целях уменьшения количества выбросов ПГ в секторе энергетики, в стране разработана «Дорожная карта» перехода к низкоуглеродной энергетике для сектора электроэнергетики Узбекистана, которая «...демонстрирует, что в Узбекистане технически и экономически возможно достичь ранней коррекции выбросов ПГ в электроэнергетике и достичь углеродного нейтралитета к 2050 году» [27].

Согласно вышеуказанному документу, предложены три этапа достижения углеродно-нейтральности сектора электроэнергетики в стране – стадия экономии топлива, стадия балансировки и стадия чистого нулевого углерода (рис.3).

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

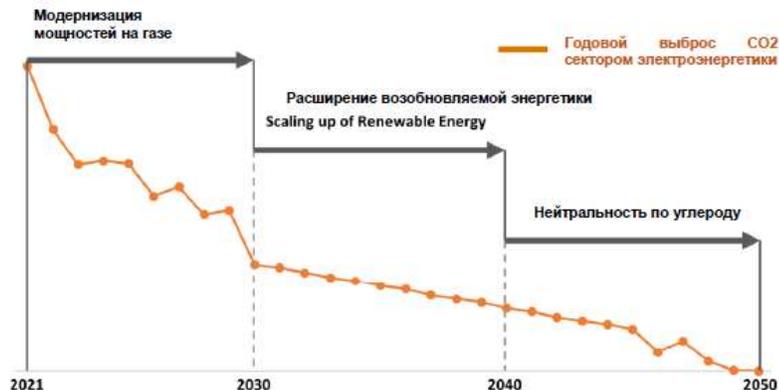


Рис.3. Эволюция достижения углеродной нейтральности в секторе энергетика в три этапа дорожной карты с 2021 по 2050 гг

Однако, в рамках стратегических диалогов в общественных площадках по обсуждению достижений Узбекистана в реализации его обязательств в вопросах изменения климата и предпринимаемых шагов по ускорению перехода к зеленой экономике выявлено, что «зеленый переход» на институциональном и финансовом уровнях необходимо сопроводить долгосрочной стратегией низкоуглеродной и устойчивой экономики с четко сформулированными целями до 2050 и на последующие годы [28].

3. Децентрализация и цифровизация энергетики являются механизмом повышения эффективности энергосистемы за счет снижения потребности в присоединенной мощности, локальных энергобалансов на базе децентрализованной генерации, а также вовлечения активов конечных пользователей в процессы управления энергосистемой. Согласно мировым тенденциям и новой модели, один из трех ключевых инновационных мега-трендов является «переход на возобновляемые источники энергии с соответствующей децентрализацией энергетических систем» [29], для регулирования производства электроэнергии в зависимости от прогноза текущего потребления, предлагаются использовать механизмы ИЭС – интеллектуальной энергосистемы, так как данная система совмещает в себе энергетические и информационно-коммуникационные технологии. Согласно авторам [3], ИЭС – электроэнергетика будущего, ее новая инновационная модель, во многом отличающаяся от существующей как принципами функционирования, так и технологическим базисом, учитывающей создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения. Здесь предусматривается широкое развитие распределенной генерации; создание высокоинтегрированного информационно-управляющего комплекса оперативно-диспетчерского управления в режиме реального времени с

экспертно-расчетными системами принятия решений; создание высоконадежных магистральных каналов связи между различными уровнями диспетчерского управления и дублированных цифровых каналов обмена информацией между объектами и центрами управления; создание и широкое внедрение централизованных систем противоаварийного управления, охватывающих все уровни энергетической системы; создание автоматизированных систем управления спросом на электроэнергию.

Согласно данным [30], сегодня в Узбекистане потери при передаче электроэнергии потребителю составляют 14-17% от общего объема генерации электроэнергии, что в конечном результате серьезно влияет на достижение энергетической самообеспеченности. Использование систем ИЭС позволит не только значительно сократить потери, но и более эффективно использовать имеющуюся энергию, путем интеграции и распределения энергии из альтернативных источников, в автоматическом режиме диагностировать и устранять возникающие проблемы, поставлять электричество в необходимом количестве. Это, в свою очередь, сократит затраты энергоресурсов (газ, уголь) на производство электроэнергии и уменьшит выбросы в атмосферу углекислого газа.

В данном контексте стоит отметить, что в рамках ИЭС следует использовать инструменты учета, контроля и диспетчеризации (АСКУЭ), для устранения дисбаланса между производством и потреблением электроэнергии, потому что именно дисбаланс является основной причиной потерь электроэнергии и перегрузок, которые приводят к авариям. Согласно данным, «Национальные электрические сети», за период до 2021 года в стране установлено более 6,9 млн. умных счетчиков электроэнергии, и планируется установить ещё 7,4 млн.шт. Следует отметить, что автоматизация различных процессов и возможность удаленного управления повышают качество и эффективность работы энергетического комплекса, в связи с тем, что в данной отрасли довольно нечасто обновляется инфраструктура и программное обеспечение, в свою очередь способствуют становлению уязвимой для кибератак такой стратегически важной отрасли.

Несмотря на вышеприведенные факты в области достижений в энергетическом секторе, некоторые авторы утверждают, что «...в настоящий момент, ряд экономических маркеров свидетельствует о низком уровне энергоэффективности в Узбекистане» [31], что требует выяснить действительную ситуацию в области энергетической политики в Узбекистане.

Стоит отметить, что при правильной постановке и распределении задач можно создать концептуальную основу энергетической безопасности при нацеленности энергополитики на надёжную, рентабельную и устойчивую энергетику (рис.4).

Как показывает нынешняя ситуация, для достижения цели по увеличению генерируемой мощности к 2030 году – в Узбекистане продолжается увеличение объема инвестиций в развитие ТЭК. Так, с начала 2022 года в стране введены в эксплуатацию шесть новых электростанций общей мощностью 1254 МВт.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА



Рис.4. Структурная диаграмма достижения ЭБ, предлагаемые авторами

В целях обеспечения непрерывности в подаче энергии, запланировано включение в общую систему АЭС. Стоит отметить, что в синергетическом подходе использования всех ключевых инструментов, можно достичь поставленной цели по удвоению генерируемой мощности.

Согласно официальным данным по производству и потребления энергии (Топливо-энергетический баланс Узбекистана), страна имеет профицит в производстве энергии [22]. К тому же, согласно руководящим документам в секторе – [22], Постановление Президента Республики Узбекистан, № ПП-54 от 13.02.2023 г. «О мерах по повышению эффективности государственного контроля в сфере использования топливно-энергетических ресурсов», № ПП-57 от 16.02.2023 г. «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и ресурсосберегающих технологий в 2023 году», Указ Президента Республики Узбекистан № УП-220 от 09.09.2022 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности» и др., вопросы распределенной энергетики уже решаются за счет установки новых мощностей ВИЭ – малые ГАЭС, АЭС, что в конечном результате позволит экспортировать производимую энергию в больших объемах.

Практика показывает, что наряду с принятыми программами по диверсификации, декарбонизации, децентрализации и цифровизации энергетической системы, необходимо вооружиться современными наукоемкими технологиями, обеспечивающими надежную транспортировку генерируемой энергии, учитывающие аномальные погодные условия.

Также, согласно ПП-44 от 10.12.2021 г. «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию гидроэнергетики» (ПП-44), мощность ГЭС в Узбекистане до 2030 года планируется увеличить на 66,5%, согласно [22], до 2030 года планируется

довести мощность всей выработки солнечной энергии до 7000 МВт, ветроэнергетики до 5000 МВт к 2030 году, что в конечном результате способствует профициту чистой энергии, полученной на основе ВИЭ, что в свою очередь способствует уменьшению углеродного следа продукции и энергетической независимости. Кроме того, в республике изучаются возможности безопасного хранения и транспортировки водорода: создание высокотехнологичных подземных хранилищ и др. [32].

Все вышеперечисленные факторы, влияющие на уровень ЭБ и энергетической самостоятельности республики, а также последние события, связанные с энергетической ситуацией во всем мире, диктуют необходимость разработки нормативного документа по обеспечению энергетической безопасности в стране, учитывающий факторы и особенности, связанные с экономическими, экологическими, социальными и технологическими аспектами в республике.

Следует отметить, что только в двух рассмотренных выше странах СНГ – Армении и Беларуси разработан нормативный документ – Концепция обеспечения энергетической безопасности, регулярно проводятся работы по мониторингу и усовершенствованию данной Концепции, а также индикаторов, включенных в неё. В других странах, например, в Казахстане и Кыргызстане, хотя не принята Концепция ЭБ, разработаны индикаторы обеспечения ЭБ страны и проводятся мониторинг показателей данных индикаторов.

В Узбекистане, в свете принятия множества законодательных документов в целях достижения ЦУР, а также усовершенствования работы ТЭК, возникает необходимость разработать в срочном порядке национальный Регламент ЭБ, учитывающий многофакторные и многопараметральные задачи, а также особенности экономической инфраструктуры в республике, что в дальнейшем способствует предотвращению и недопуску нежелательных последствий и зависимостей, как в случае «Блэкаута» в начале 2022 года.

В целях своевременного реагирования на вызовы и угрозы ЭБ в стране, необходимо создать систему управления рисками в области ЭБ, основными задачами которой являются:

- а) мониторинг, оценка и прогнозирование, в том числе в долгосрочной перспективе, состояния энергетической безопасности;
- б) определение ресурсов, необходимых и достаточных для предотвращения угроз энергетической безопасности, снижения вероятности их реализации, а также для минимизации последствий их реализации;
- в) определение задач субъектов энергетической безопасности и планирование мер по ее обеспечению;
- г) контроль за реализацией мер по обеспечению энергетической безопасности и оценка их эффективности.

При реализации предложенной модели системы по управления рисками в области энергетической безопасности, имеется возможность прогнозировать энергетические сценарии со стабильным и надежным показателем

электроснабжения, которые приведут к повышению энергетической безопасности и тем самым национальной безопасности страны.

Литература

1. Дубровин Е., Дубровин И. Энергетическая безопасность как важная составляющая национальной безопасности // Наука и новые технологии. 2011.
2. Плачкова С.В. и др. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире. –Киев, 2013. Электронный ресурс: <http://energetika.in.ua/ru/about-books>.
3. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и перспективы ее развития. –Ташкент, 2021. 943 с.
4. Материалы Энергетического форума Узбекистана – УЕФ 2022. Ташкент, 23-24 июня 2022 года.
5. Официальный сайт ЭСКАТО. Электронный ресурс: <https://www.unesap.org/subregional-Office/pasifis>.
6. Электронный ресурс: <https://projects.worldbank.org/en/projects-Operations/Project-Detail/P176060>.
7. Электронный ресурс: https://Online.zakon.kz/Dosument/?dos_id=31383827.
8. Электронный ресурс: <https://www.IEA.org/Reports/Kazakhstan-Energy-profile>.
9. Электронный ресурс: <https://www.globalenergyinstitute.org/International-Energy-security-risk-Index>.
10. Гребеньков А.Ж., Михалевич А.А. Современная энергетическая политика: глобальные и региональные аспекты // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. №3, 2022, с.28-53.
11. Электронный ресурс: <https://mfa.TJ/ru/main/Tadzhikistan/energetika>
12. Электронный ресурс: <https://Turkmenistan.gov.TM/ru/post/57770/Turkmenistan-krupnyj-proizvoditel-i-eksporter-elektroenergii>.
13. Электронный ресурс: <https://www.orient.tm/ru/post/38385/s-2030-goda-turkmenistan-planiruet-dobitsya-nulevux-pokazateley-vybrosa-parnikovyx-gazov>.
14. Электронный ресурс: <https://www.IEA.org/Reports/Armenia-Energy-profile>.
15. Электронный ресурс: <https://www.IEA.org/Reports/Belarus-Energy-profile>.
16. Электронный ресурс: <https://www.IEA.org/Reports/Uzbekistan-Energy-profile>.
17. Энергетический сектор Узбекистана. Информация Агентства по привлечению иностранных инвестиций при Министерстве инвестиций и внешней торговли Республики Узбекистан
18. Углублённый обзор политики Республики Узбекистан в области энергоэффективности. Протокол к Энергетической хартии по вопросам энергетической эффективности и соответствующим экологическим аспектам ПЭЭСЭА.

19. Avezova N.R., Vokhidov A.U., Dalmuradova N.N., Farmonov A.A. Renewable Energy: Challenges and Solutions. Applied Solar Energy, 2019, V.55, PP. 149–152.
20. Avezova N.R., Toshev J.B., Dalmuradova N.N., Farmonov A.A., Mardonova M.Sh. Renewable Energy: Ssenario en Model of Development. Applied Solar Energy, 2019, V.55, PP.438–445.
21. Mattia De Rosa, Kenneth Gainsford, Fabiano Pallonetto, Donal P. Finn. Diversification, concentration and renewability of the energy supply in the European Union // Energy, Volume 253, 15 August 2022, 124097.
22. Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы.
23. Аvezова Н.Р., Далмурадова Н.Н., Мухиддинов М.Р., Мусаев М.А. Комментарии к «Концепции обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы» // Проблемы энерго – и ресурсосбережения, 2020, №3-4, -С.42-47.
24. Доклад ФАО: Использование воды в Узбекистане и Туркменистане достигло критического уровня -<https://www.uzreport.news/society/ispolzovanie-vodi-v-uzbekistane-i-turkmenistane-dostiglo-kriticheskogo-urovnya-fao>.
25. Узбекистан решает проблему с перебоями в поставке электричества. Электронный ресурс: <https://uz.sputniknews.ru/20221116/uzbekistan-reshaet-problemu-s-perebojami-v-postavke-elektrichestva-30036369.html>.
26. Первый двухгодичный отчет по обновленным данным РУз. Ташкент, 2021. Электронный ресурс: <https://efaidnbmnnnibpsajpsglslfindmkaj/https://unfsss.int/sites/Default/Files/Resourse/Fburuzru.PDF>.
27. Сектор электроэнергетики Узбекистана с нейтральным уровнем эмиссии углерода. https://efaidnbmnnnibpsajpsglslfindmkaj/https://minenergy.uz/uploads/0e7a9206-2afs-0897-d164-101e895a5d3s_media_.PDF
28. Электронный ресурс: <https://la-climate.org/News/Uzbekistan-na-puti-k-zelenomu-budushchemu-cherez-dekarbonizatsiyu-ekonomiki/>.
29. Бикеева Э.Р. Инновации в энергетике: мировые тенденции и долгосрочные ориентиры. // «Global Science and Innovation 2020: Central Asia» № 4(9). 2020, -С. 82-86.
30. Стратегия развития распределительных электрических сетей в Республике Узбекистан до 2025 года.
31. Умаров Д.Г. Современные проблемы и перспективы совершенствования энергетической политики РУз. Постсоветские исследования. 2022, №5(5):482-493.
32. Аллаев К.Р., Аvezова Н.Р. Водород – будущее энергетики мира и Узбекистана // Гелиотехника, 2021, №3, -С.45-61.

*Представлен Ташкентским
государственным техническим университетом*

УДК 621.311.1.161

**ШАМОЛ ҚУРИЛМАСИГА ЭГА БЎЛГАН КОРХОНАНИНГ СУТКАЛИК
ЭЛЕКТР ЮКЛАМА ГРАФИГИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ**

Т.Ш. Гайибов, Э.А. Абдуллаев

Қайта тикланувчан энергия манбалари асосидаги электр станциялари ва қурилмаларини жорий этиши ва улардан самарали фойдаланиши бугунги кунда тобора чуқурлашиб бораётган энергетика ва атроф-муҳит муаммоларини ҳал этишидаги асосий йўналишлардан биридир. Ушбу муаммоларни самарали ҳал этиши жумладан бундай станция ва қурилмаларнинг иш ҳолатларини оптималлаштириши билан боғлиқ. Амалга оширилган тадқиқотлар мазкур йўналишида бугунги кунда эришилган натижалар мукамал даражада эмаслигини кўрсатади. Ушбу мақолада хусусий шамол қурилмасига эга бўлган корхоналарнинг суткалик электр юклама графикларини оптималлаштириши масаласининг математик модели ва уни ечиши алгоритми таклиф этилган. Конкрет мисолда амалга оширилган тадқиқот натижалари асосида таклиф этилган модел ва алгоритмнинг юқори самарадорликка эга эканлиги аниқланган. Бундай қайта тикланувчан энергия манбаси асосидаги қурилмага эга бўлган корхонанинг суткалик юклама графигини оптималлаштириши ҳисобида салмоқли даражада иқтисодий самарадорликка эришиши мумкинлиги кўрсатилган.

Калит сўзлар: *оптималлаштириши, қайта тикланувчан энергия манбалари, шамол қурилмаси, электр станцияси, юклама графиги, математик модел, электр энергиясининг нархи..*

Одним из основных направлений решения современных проблем энергетики и охраны окружающей среды является внедрение и эксплуатация электрических станций и установок на основе возобновляемых источников энергии. Эффективное решение этой задачи связано, в частности, с оптимизацией режимов работ таких установок. Результаты проведенных исследований показывают, что достигнутые на сегодняшний день результаты в этом направлении на являются совершенными. В данной статье предложены математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации суточных графиков нагрузок предприятий, имеющих собственные ветровые установки. На основе результатов проведенных исследований на конкретном примере определено, что предложенная модель и алгоритм расчета обладают высокой эффективностью. Показано, что в результате оптимизации суточных графиков нагрузок предприятий, имеющих такого вида установок, можно обеспечить значительную экономическую эффективность.

Ключевые слова: *оптимизация, возобновляемые источники энергии, ветровая установка, электрическая станция, графикнагрузки, математическая модель, алгоритм решения, стоимость электроэнергии.*

One of the main directions of solving the modern problem of energy and environmental protection is the introduction and efficient operation of power plants and installations based on renewable energy sources. An effective solution to this problem is associated, in particular, with the optimization of the operating modes of such installations. The results of the conducted studies show that the results achieved to date in this direction are not perfect. This article proposes a mathematical model and algorithm for solving the problem of optimizing the daily load schedules of enterprises with their own wind turbines. Based on the results of the studies carried out on a specific example, it was determined that the proposed model and calculation algorithm are highly efficient. It is shown that as a result of optimizing the daily load schedules of enterprises with this type of installation, it is possible to provide significant economic efficiency.

Key words: optimization, renewable energy sources, wind turbine, power plant, load schedule, mathematical model, solution algorithm, electricity cost.

Кириш. Бугунги кунда Жахоннинг кўплаб ривожланган ва ривожланаётган мамлакатларида қайта тикланувчан энергия манбалари ҳисобига электр энергияси ишлаб чиқариш тобора кенгайиб бормоқда олиш кенг қўлланиб келинмоқда [1]. Энергия хавфсизлиги, иқлим ўзгариши ва ҳавонинг ифлосланиши, органик ёқилғиларга бўлган қарамликнинг ортиб бориши фонида қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланишга бўлган эҳтиёж кундан кунга ортиб бормоқда. Кенг тарқалган усуллардан бири саналган шамол энергиясидан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқарувчи технологияларни ривожлантириш, улардан оқилона фойдаланиш ва уларни электр энергетик тизимларга оптимал интеграциялашга бағишланган кўплаб илмий нашрлар пайдо бўлмоқда. Улар ушбу соҳадаги ишларни ривожлантириш учун муҳим ҳисобланади. Шу билан бирга барча таъсир этувчи ва чекловчи омилларни ҳисобга олган ҳолда шамол электр станцияларидан оқилона фойдаланиш технологияларини бугунги кунда мукамал даражада ривожланган деб бўлмайди. Муаммолардан бири шамол қурилмасига эга бўлган истеъмолчиларнинг электр энергетик тизим (ЭЭТ)га нисбатан оптимал юклама графигини аниқлаш билан боғлиқ. Шу билан бир қаторда, ҳозирги даврда корхоналарда ўрнатилаётган шамол қурилмаларида электр таъминотини ишончлилигини таъминлаш учун аккумулятор батареяларидан фойдаланиш ҳам кенг қўлланиб келинмоқда [2-4]. Бошқа томондан, батареялардан фойдаланиш шамол электр станцияларини қуриш ва улардан фойдаланиш билан боғлиқ иқтисодий харажатларни кескин ошишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун батареяларни бундай қурилмаларда фойдаланиш мақсадга мувофиқлиги тегишли оптималлаштириш масалаларини ечиш асосида аниқланади [2, 3, 5-7].

Шамол қурилмасининг қуввати ҳудудда шамолнинг тезлигига боғлиқ бўлиб, унинг генераторларидан чиқаётган қувват қуйидагича аниқланади [8-10]:

$$P_T = \frac{1}{2} \rho A_T v_w^3 \eta ;$$

бу ерда: ρ - ҳавонинг зичлиги (кг/м^3), A_T - турбинада ҳаво оқимининг қўндаланг кесим юзаси, v_w - юқори оқимдаги шамол тезлиги, η – самарадорлик коэффициенти. Бугунги

кунда шамол қурилмаларининг самарадорлиги ўртача 0,45 – 0,48 % баҳоланмоқда [17].

Корхонада ўрнатилган шамол қурилмасидан оқилона фойдаланиш, электр таъминотининг ишончилигини ошириш ва иқтисодий жиҳатдан фойдали бўлиш учун корхоналар электр энергетик тизимларга ҳам уланади. Электр энергетик тизимдан олинаётган энергиянинг таърифи, умумий ҳолларда, кун давомида ўзгариб туради. Бундай ҳолларда корхонада кунлик электр энергияси ишлаб чиқариш ва сотиб олишнинг умумий минимал қиймати бўйича шамол қурилмаси томонидан электр қуввати ишлаб чиқариш ҳамда корхонанинг ЭЭТга нисбатан юқлама графикларини аниқлаш вазифаси қўйилади. Бу вазифалар ечилганда маълум бир вақтда (бир кунда, бир соатда ёки характерли интервалларда) энергия йиғиш тизимининг имкониятларини ҳисобга олган ҳолда, истеъмол қилинаётган энергияни шамол қурилмасида ишлаб чиқаргандан кўра ЭЭТдан олиш фойдали бўлиши мумкин. Бундай муаммо, умуман олганда, тенглик ва тенгсизликлар кўринишидаги кўплаб содда, функционал ва интеграл чекловларга эга бўлган мураккаб оптималлаштириш масаласи ҳисобланади.

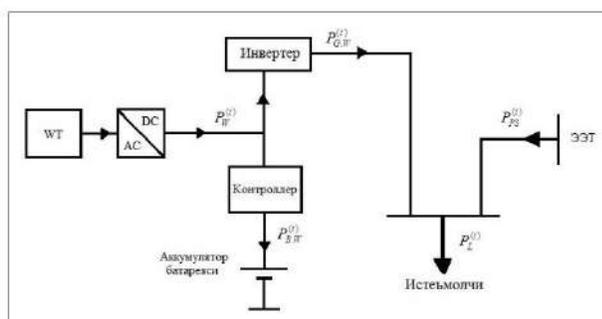
Мавжуд адабиётларда тегишли математик моделлардан фойдаланишга асосланган бундай масалаларни ҳал қилишнинг қатъий усуллари ва алгоритмлари топилмаган. [11] да кенг миқийёсли шамол станциялари учун батарея қуввати сақлаш тизимини оптимал режалаштириш модели келтирилган. Бироқ ушбу ишда суткалик иш режимларини оптималлаштириш масаласи кўриб чиқилмаган. [12] да гидро ва иссиқлик станциялари мавжуд бўлган электр энергетик тизимларнинг суткалик иш режимларини режалаштириш учун шамол энергияси ишлаб чиқаришни оптималлаштириш масаласи кўриб чиқилган. Аммо ушбу тизимда шамол қурилмасида ишлаб чиқарилаётган энергияни аккумуляция қилиш масаласи кўриб чиқилмаган. [13] да ишлаб чиқилган модел асосида шамол манбаълари ва аҳоли маълумотлари ҳамда электр узатиш тармоқларининг жойлашуvidан фойдаланган ҳолда электр энергиясини минимал нархда ишлаб чиқарадиган конфигурация топилган. Шамол станцияларини оптимал жойлашуvidа ҳар бир омилнинг аҳамиятини кўрсатиш учун бир нечта иқтисодий ва тартибга солувчи методлардан фойдаланилган. Бироқ ушбу ишда электр энергетик тизимларнинг суткалик иш режимларини оптималлаштириш масаласи кўрилмаган. [14] да техник хизмат кўрсатиш усуллари оптималлаштириш ва шамол энергияси тизимлари ва иншоотларини (турбиналар, пойдеворлар, электр кабеллари ва электр подстанциялар) текширишни режалаштириш бўйича мавжуд адабиётлар учун концептуал таснифлаш тизими таклиф қилинган. Шамол станцияларида техник хизмат кўрсатиш бўйича қарорлар ва текшириш тартиб-қоидаларини оптималлаштириш учун қўлланилган моделлар, усуллар ва стратегияларни ўз ичига олган кенг қўламли назарий ва амалий масалалар кўриб чиқилган. Бироқ, ушбу мақолада шамол станцияларининг иш режимларини оптималлаштириш масалалари кўриб чиқилмаган. [15] да шамол генераторларининг операцион харажатларини минималлаштириш ва шамол турбиналарининг ишлашини максимал даражада ошириш учун генетик алгоритмлар ва заррачалар тўдасини оптималлаштиришдан фойдаланган ҳолда ҳақиқий мисолларни ўрганиш учун янги кўп мақсадли

оптималлаштириш муаммоси кўриб чиқилган. Бироқ ушбу мақолада шамол қурилмаси мавжуд бўлган электр энергетик тизимларнинг суткалик иш режимларини оптималлаштириш масаласи кўриб чиқилмаган. [16] да шамол станциясининг иқтисодий самарадорлигини ошириш ва шамол энергияси манбаларининг узилишлари туфайли фаол қувват ишлаб чиқариш ўзгаришларини камайтириш учун сувни сақлаш қобилятидан фойдаланиш таклиф қилинган. Шамол қуввати прогнози мавжуд бўлган тақдирда, шамол турбиналари ва гидрогенератор насос ускуналари томонидан амалга ошириладиган оптимал кунлик операцион стратегияни аниқлаш учун соатлик дискретлаштирилган оптималлаштириш алгоритми таклиф этилган. Ушбу мақолада энергияни сақлаш учун аккумулятор батареяларидан фойдаланилган ҳолда суткалик иш режимларни оптималлаштириш масаласи кўриб чиқилмаган.

Шамол электр станциялари билан истеъмолчиларнинг юклама графикларини барча таъсир қилувчи ва чекловчи омилларни ҳисобга олган ҳолда оптималлаштириш муаммосини ҳал қилишнинг математик модели ва алгоритминини ишлаб чиқиш муҳим вазифа бўлиб қолмоқда.

Ушбу мақолада шамол қурилмасига эга бўлган корхона электр истеъмолининг ЭЭТга нисбатан суткалик юклама графикларини оптималлаштириш масаласинининг математик модели ва уни ечиш алгоритми таклиф этилган.

Оптималлаштириш модели. Корхонага ўрнатилган шамол электр қурилмаси шамол генераторидан ташқари ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантирувчи тўғирлагичлар, ҳосил бўлаётган қувватни бошқарувчи контроллерлар, ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантирувчи инверторлар, қурилма иш режими параметрларини кузатувчи монитор тизими каби қўшимча ускуналарни ўз ичига олади. Бу ускуналар қаторига ишлаб чиқарилаётган электр энергиясидан оқилона фойдаланиш учун батареяларни ҳам киритиш мумкин. Ушбу мақолада аккумулятор батареясини ўз ичига олган шамол қурилмасига эга бўлган корxonанинг юклама графикларини оптималлаштириш масаласини кўриб ўтаемиз. 1-расмда ушбу корхона электр таъминоти тизимининг схемаси келтирилган.



1-расм. Шамол қурилмасига эга бўлган корxonанинг электр таъминоти схемаси

Ушбу муаммони ҳал қилишда батареянинг электр сиғими W , режалаштирилган кун учун истеъмолчининг юклама графиги $P_L(t)$, шамол қурилмасида ишлаб чиқарилаётган электр қуввати графиги $P_W(t)$, батареяни зарядлашнинг минимал ва

максимал чегара қуввати (зарядсизланиш қуввати манфий белгиси билан олинган) маълум маълумотлар ҳисобланади. Истеъмолчининг шамол қурилмасига нисбатан оптимал юклама графиги $P_{WG}(t)$, ЭЭТга нисбатан юклама графиги $P_{PS}(t)$ ва батареяни зарядлаш/зарядсизланиш қувватлари $P_B(t)$ оптималлаштириш масаласини ечиш натижасида аниқланади. Шамол қурилмасининг қувват ишлаб чиқариш графиги об-хаво шароитига боғлиқ.

Минималлаштирилувчи *мақсад функцияси* бўлиб сутка давомида шамол қурилмаси ва ЭЭТдан олинган энергия билан боғлиқ умумий харажатлар ҳисобланади:

$$Z = \sum_{t=1}^{24} [C_t P_{PS}^{(t)} + \alpha P_{WG}^{(t)}] \rightarrow \min ; \quad (1)$$

бу ерда, C_t - тизимдан олинаётган электр энергиясининг суткани t - соатидаги нархи; $P_{PS}^{(t)}$ - сутканинг t - чи соатида тизимдан олинаётган актив қувват; $P_{WG}^{(t)}$ - сутканинг t - чи соатида шамол электр станциясидан олинаётган актив қувват; α – шамол қурилмаси ва унга хизмат қилувчи ускуналарни ишлаб чиқариш, ўрнатиш, фойдаланиш ва техник хизмат кўрсатиш харажатларини ҳамда ишлаб чиқарган корхона олган фойдани ўз ичига олган коэффициент ҳисобланади.

Чегаравий шартлар:

сутканинг ҳар бир соатида актив қувват баланси:

$$P_{PS}^{(t)} + P_{WG}^{(t)} = P_L^{(t)}, \quad t = 1, 2, \dots, 24 ; \quad (2)$$

сутканинг ҳар бир соатида шамол қурилмасининг бераётган қувватини истеъмолчига берилаётган ва зарядлашга сарфланаётган қувватларнинг йиғиндисига тенглиги бўйича шарт:

$$P_W^{(t)} - P_B^{(t)} = P_{WG}^{(t)}, \quad t = 1, 2, \dots, 24 ; \quad (3)$$

сутканинг ҳар бир соатида батареянинг мумкин бўлган максимал зарядланиш/зарядсизланиш қуввати бўйича шарт (зарядсизланиши манфий ишора билан олинади):

$$-P_{B,max} \leq P_B^{(t)} \leq P_{B,max}, \quad t = 1, 2, \dots, 24 ; \quad (4)$$

сутканинг ҳар бир соатида инверторнинг минимал ва максимал қувватлари бўйича чегаравий шарт:

$$0 \leq P_{WG}^{(t)} \leq P_{WG,max}^{(t)}, \quad t = 1, 2, \dots, 24 ; \quad (5)$$

батареянинг сифими бўйича чегаравий шарт:

$$W_{bal} + \sum_{k=1}^{t-1} [P_W^{(k)} - P_{WG}^{(k)}] \leq W, \quad t = 2, 3, \dots, 24 ; \quad (6)$$

сутканинг ҳар бир соатида батареяни зарядлаш ва зарядсизлантириш имконияти бўйича чегаравий шарт:

$$-P_B^{(t)} \leq W_{bal} + \sum_{k=1}^{t-1} [P_W^{(k)} - P_{WG}^{(k)}] \leq W - P_B^{(t)}, \quad t = 2, 3, \dots, 24, \quad (7)$$

бу ерда $P_W^{(t)}$ - сутканинг t - чи соатида шамол қурилмаси томонидан ишлаб чиқарилаётган актив қувват; $P_L^{(t)}$ - сутканинг t - чи соатида истеъмолчиларнинг умумий актив қувват юкламаси; $P_{B..max}$ - батареянинг мумкин бўлган максимал зарядланиш ёки зарядсизланиш қуввати; $P_{WG..max}^{(t)}$ - сутканинг t - чи соатида шамол қурилмасидан истеъмол учун ишлаб чиқариш мумкин бўлган максимал қувват; W - батареянинг электр сиғими; W_{bal} - батареяда олдинги суткадан қолган электр энергияси.

Ушбу моделда, ишлаб чиқариш қувватидан қатъий назар, шамол қурилмасида ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг нархи ўзгармас деб қабул қилинган.

Таклиф этилган математик моделга мувофиқ тарзда шаклландуви оптималлаштириш масаласи чизиқли дастурлаш масаласи ҳисобланади. Шу сабабли уни ечиш симплекс усули асосидаги алгоритм ёрдамида амалга оширилади.

Тадқиқотлар ва фикр-мулоҳазалар. Таклиф этилаётган математик модел ва ундан фойдаланиб оптималлаштириш алгоритмининг самарадорлиги шамол қурилмасига эга бўлган корхонанинг электр юклама графикларини оптималлаштириш мисолида ўрганилади.

Кўриб ўтилаётган мисолда корхонага ўрнатилган номинал қуввати 100 кВтли шамол қурилмаси паррақларининг диаметри 24 м. 1-жадвалда сутка давомидаги шамол тезлигининг ўзгариши ва шунга мос равишда шамол қурилмаси ишлаб чиқараётган қувватлари келтирилган.

1-жадвал

Сутка давомида шамол тезлигининг ўзгариши ва шамол қурилмаси ишлаб чиқараётган қувват

$t, \text{ соат}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$v, \text{ м/с}$	4	4	5	5	5	5	4	4	5	6	6	7
$P_W^{(t)}, \text{ кВт}$	7,0	7,0	13,7	13,7	13,7	13,7	7,0	7,0	13,7	23,7	23,7	37,7
$t, \text{ соат}$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$v, \text{ м/с}$	8	9	9	9	9	9	8	8	6	6	5	3
$P_W^{(t)}, \text{ кВт}$	56,3	80,1	80,1	80,1	80,1	80,1	56,3	56,3	23,7	23,7	13,7	3,0

Истеъмолчининг юклама ва шамол қурилмасининг ишлаб чиқараётган қувватини суткалик графиклари 2-жадвалда келтирилган. Батареянинг электр сиғими $W = 300 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$. Ўтган суткадан батареядаги қолдиқ энергия $W_{bal} = 0$. Батареянинг максимал зарядлаш/зарядсизланиш қуввати $P_{B..max} = 50 \text{ кВт}$. Шамол қурилмасида ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг солиштира нархи барча харажатларни ҳисобга олган ҳолатда $\alpha = 0,053 \text{ \$/кВт} \cdot \text{соат}$ [18].

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

2-жадвал

Истеъмолчининг юкламаси ва шамол қурилмасининг қувват ишлаб чиқариш графиклари

$t, \text{соат}$	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_L^{(t)}, \text{кВт}$	140	140	140	140	140	140	140	140
$P_W^{(t)}, \text{кВт}$	7,0	7,0	13,7	13,7	13,7	13,7	7,0	7,0
$C_i, \text{\$/кВт}\cdot\text{соат}$	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,225	0,225
$t, \text{соат}$	9	10	11	12	13	14	15	16
$P_L^{(t)}, \text{кВт}$	260	280	280	280	280	360	360	320
$P_W^{(t)}, \text{кВт}$	13,7	23,7	23,7	37,7	56,3	80,1	80,1	80,1
$C_i, \text{\$/кВт}\cdot\text{соат}$	0,225	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
$t, \text{соат}$	17	18	19	20	21	22	23	24
$P_L^{(t)}, \text{кВт}$	320	320	320	320	140	140	140	140
$P_W^{(t)}, \text{кВт}$	80,1	80,1	56,3	56,3	23,7	23,7	13,7	3,0
$C_i, \text{\$/кВт}\cdot\text{соат}$	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,09	0,09	0,09

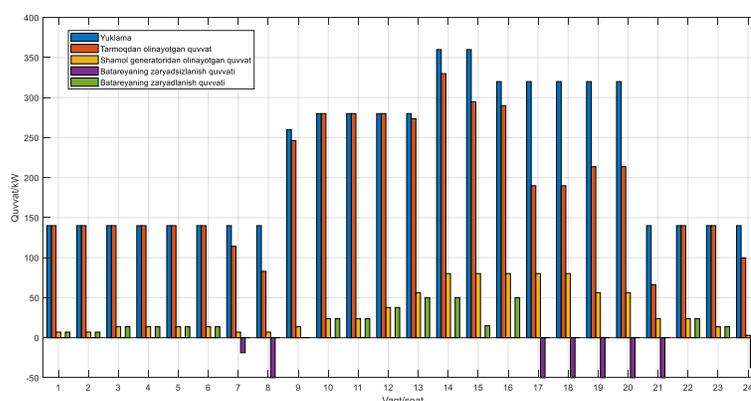
3-жадвал ва 2-расмда таклиф этилган математик модел ва оптималлаштириш алгоритми ёрдамида аниқланган оптимал юклама графиклари, яъни шамол қурилмасидан ($P_{WG}(t)$) ва ЭЭТдан ($P_{PS}(t)$) олинаётган актив қувватларнинг сутка давомида ўзгаришлари ҳамда аккумулятор батараеясининг оптимал зарядланиши $P_{ch}(t)$ ёки зарядсизланиши $P_{dch}(t)$ графиклари келтирилган. Шамол қурилмаси ва ЭЭТдан сутка давомида олинувчи электр энергияси билан боғлиқ умумий харажатлар 773,817 АҚШ доллорини ташкил қилади.

3-жадвал

Истеъмолчи, электр энергетика тизими, шамол қурилмаси ва аккумулятор батареяларининг суткалик юклама графиклари

$t, \text{соат}$	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_L^{(t)}, \text{кВт}$	140	140	140	140	140	140	140	140
$P_{PS}^{(t)}, \text{кВт}$	140	140	140	140	140	140	114,2	83
$P_W^{(t)}, \text{кВт}$	7,0	7,0	13,7	13,7	13,7	13,7	7,0	7,0
$P_{WG}^{(t)}, \text{кВт}$	0	0	0	0	0	0	25,8	57
$P_{dch}^{(t)}, \text{кВт}$	0	0	0	0	0	0	-18,8	-50
$P_{ch}^{(t)}, \text{кВт}$	7,0	7,0	13,7	13,7	13,7	13,7	0	0
$t, \text{соат}$	9	10	11	12	13	14	15	16
$P_L^{(t)}, \text{кВт}$	260	280	280	280	280	360	360	320
$P_{PS}^{(t)}, \text{кВт}$	246,3	280	280	280	273,7	329,9	294,8	289,9
$P_W^{(t)}, \text{кВт}$	13,7	23,7	23,7	37,7	56,3	80,1	80,1	80,1

$P_{WG}^{(t)}$, кВт	13,7	0	0	0	6,3	30,1	65,2	30,1
$P_{dch}^{(t)}$, кВт	0	0	0	0	0	0	0	0
$P_{ch}^{(t)}$, кВт	0	23,7	23,7	37,7	50	50	14,9	50
t , соат	17	18	19	20	21	22	23	24
$P_L^{(t)}$, кВт	320	320	320	320	140	140	140	140
$P_{PS}^{(t)}$, кВт	189,9	189,9	213,7	213,7	66,3	140	140	99,6
$P_W^{(t)}$, кВт	80,1	80,1	56,3	56,3	23,7	23,7	13,7	3,0
$P_{WG}^{(t)}$, кВт	130,1	130,1	106,3	106,3	73,7	0	0	40,4
$P_{dch}^{(t)}$, кВт	-50	-50	-50	-50	-50	0	0	-37,4
$P_{ch}^{(t)}$, кВт	0	0	0	0	0	23,7	13,7	0



2-расм. Истеъмолчи, электр энергетика тизим, шамол қурилмаси ва аккумулятор батареяларининг суткалик қувват ўзгариш диаграммалари

Оптималлаштириш натижаларини таққослаш учун 4-жадвал ва 3-расмда батареяга эга бўлмаган шамол қурилмасидан олинган қувватлар графиги келтирилган. Ушбу ҳолатда шамол қурилмаси берувчи қувват истеъмоли томонидан бевосита истеъмол қилиниб, талаб этилувчи қўшимча қувват ЭЭТ томонидан қопланади. Бундай ҳолатда шамол қурилмаси ва ЭЭТдан олинган умумий электр энергияси билан боғлиқ бўлган умумий харажатлар 799,355 АҚШ доллари ташкил қилади.

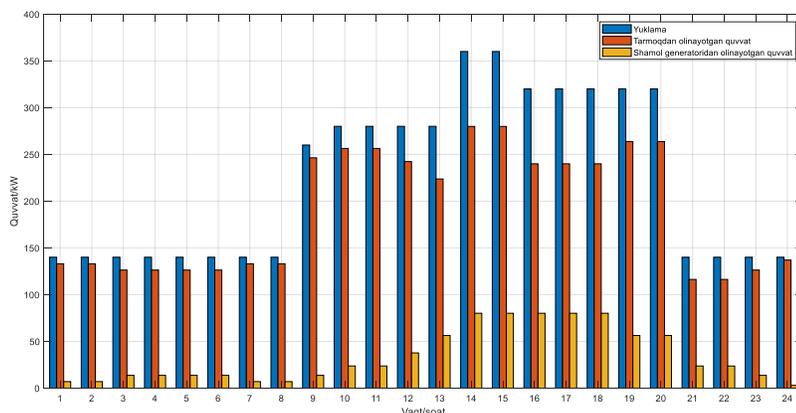
4-жадвал

Истеъмолчи, ЭЭТ ва аккумулятор батареясига эга бўлмаган шамол қурилмасининг суткалик юклама графикалари

t , соат	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_L^{(t)}$, кВт	140	140	140	140	140	140	140	140
$P_{PS}^{(t)}$, кВт	133	133	126,3	126,3	126,3	126,3	133	133
$P_G^{(t)}$, кВт	7,0	7,0	13,7	13,7	13,7	13,7	7,0	7,0
t , соат	9	10	11	12	13	14	15	16
$P_L^{(t)}$, кВт	260	280	280	280	280	360	360	320

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

$P_{PS}^{(t)}$, кВт	246,3	256,3	256,3	242,3	223,7	279,9	279,9	239,9
$P_G^{(t)}$, кВт	13,7	23,7	23,7	37,7	56,3	80,1	80,1	80,1
t , соат	17	18	19	20	21	22	23	24
$P_L^{(t)}$, кВт	320	320	320	320	140	140	140	140
$P_{PS}^{(t)}$, кВт	239,9	239,9	263,7	263,7	116,3	116,3	126,3	137
$P_G^{(t)}$, кВт	80,1	80,1	56,3	56,3	23,7	23,7	13,7	3,0



3-расм. Истеъмолчи, электр энергетик тизим ва аккумулятор батареяси мавжуд бўлмаган шамол қурилмасининг суткалик қувват ўзгариш диаграммалари

Шундай қилиб, кўриб чиқилган мисолда, шамол қурилмасига эга бўлган корхонанинг ушбу қурилма ва ЭЭТга нисбатан юклама графикларини таклиф этилган математик модел ва алгоритмдан фойдаланиб оптималлаштириш натижасида эришилувчи иқтисодий самарадорлик 3,3 % ташкил этади. Ушбу ҳолатда иқтисодий самарадорликнинг нисбатан камлиги юклама миқдори ва шамол қурилмасида ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг камлиги ҳамда сутка давомида ЭЭТдан таъриф бўйича олинаётган электр энергия нархининг кам миқдорда ўзгаришлари билан боғлиқдир [19-20].

Кўриб чиқилган мисолда шамол қурилмасининг ишлаб чиқарган қувват графиги детерминистик сифатида қабул қилинди. Умуман олганда, бундай графиклар эҳтимолий ёки қисман ноаниқдир. Бундай ҳолларда ҳам масала таклиф қилинган математик модел ва оптималлаштириш алгоритмидан фойдаланган ҳолда дастлабки маълумотнинг характерли жиҳатларини [21-24] ларда келтирилган муолажалар ёрдамида ҳисобга олиб ечилиши мумкин.

Хулоса қилиб айтиш мумкинки, шамол қурилмаларига эга бўлган корхоналарда электр юклама графикларини оптималлаштириш масаласининг математик модели ва уни ечишнинг самарали алгоритми таклиф этилди.

Сутка давомида электр энергиясининг таърифи ўзгарадиган шароитда шамол қурилмаси ва ЭЭТ юклама графикларини оптималлаштириш орқали салмоқли иқтисодий самарадорликка эришиш мумкинлиги аниқланди.

Шамол курилмасига эга бўлган корхоналарда ишлаб чиқарилаётган электр энергиясини маълум вақтларда батареяларга йиғиш ва бериш иқтисодий жиҳатда самарали бўлиши мумкинлиги кўрсатилди.

Таклиф этилган математик модел ва алгоритмдан шамол курилмаларига эга бўлган корхоналар истеъмолчиларининг курилма ва ЭЭТга нисбатан қисқа муддатли юклама графикларини оптимал режалаштиришда фойдаланиш мумкин.

Адабиёт

1. Lachlan Cameron; Bob van der Zwaan. Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 45, 160–172.
2. Haijun Xing, Haozhong Cheng, Yi Zhang, Pingliang Zeng. (2016). Active distribution network expansion planning integrating dispersed energy storage systems. *IET Generation, Transmission & Distribution.* 10(3). 638-644.
3. Padmanabhan, N., Ahmed, M. and Bhattacharya, K. (2019). Battery Energy Storage Systems in Energy and Reserve Markets. *IEEE Transactions on Power Systems.*
4. Harpreet kaur Channi¹, Surbhi Gupta², Arvind Dhingra³. (2020). Optimization and simulation of a solar–wind hybrid system using HOMER for Rural Electrification. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(10s), 2108-2116. Retrieved from <http://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/16821>.
5. Akbari-Dibavar, A., Nojavan, S., Zare, K. (2019). Optimal Sizing and Sizing of Energy Storage Systems in a Smart Distribution Network Considering Network Constraints and Demand Response Program. *Journal of Energy Management and Technology*, 3(2), 14-25. doi: 10.22109/jemt.2018.143478.111.
6. Rayees Ahmad Thokar, Nikhil Gupta, K R Niazi, Anil Swarnkar, Sachin Sharma, N K Meena. (2020). Optimal Integration and Management of Solar Generation and Battery Storage System in Distribution Systems under Uncertain Environment. *International Journal of Renewable Energy Research.* 10(1), March.
7. Sterling, G. and Tyler, B. (2018). Renewable Energy Management Using Action Dependent Heuristic Dynamic Programming. *IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, 1-5. USA. doi:10.1109/ISC2.2018.8656942.
8. Blackwood, Marisa (2016) "Maximum Efficiency of a Wind Turbine, Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two: Vol. 6: Iss. 2, Article 2.
9. Asis Sarkar, Dhiren Kumar Behera. Wind Turbine Blade Efficiency and Power Calculation with Electrical Analogy. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 2, Issue 2, February 2012.
10. Dario Maradin, Ljerka Cerović, Alemka Segota. The efficiency of wind power companies in electricity generation. *Energy Strategy Reviews* 37 (2021) 100708.
11. Xin Jiang, Guoliang Nan, Hao Liu, Zhimin Guo, Qingshan Zeng and Yang Jin. Optimization of Battery Energy Storage System Capacity for Wind Farm with Considering Auxiliary Services Compensation. *Applied Sciences* 2018, 8, 1957.

12. Beatriz P. Cotiaa, Carmen L.T. Borgesa, André L. Diniz. Optimization of wind power generation to minimize operation costs in the daily scheduling of hydrothermal systems. *Electrical Power and Energy Systems* 113 (2019) 539–548.
13. M.K. McWilliam, G.C. van Kooten, C. Crawford. A method for optimizing the location of wind farms. *Renewable Energy* 48 (2012) 287e299
14. Mahmood Shafiee, John Dalsgaard Sørensen. Maintenance optimization and inspection planning of wind energy assets: Models, methods and strategies. *Reliability Engineering and System Safety* 192 (2019) 105993.
15. Alfredo Peinado Gonzalo, Tahar Benmessaoud, Mani Entezami, Fausto Pedro García M´arquez. Optimal maintenance management of offshore wind turbines by minimizing the costs. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 52 (2022) 102230.
16. Edgardo D. Castronuovo, J. A. Peças Lopes. On the Optimization of the Daily Operation of a Wind-Hydro Power Plant. *IEEE Transactions on power systems*, vol. 19, no. 3, august 2004.
17. Anudipta Chaudhuri, Rajkanya Datta, Muthuselvan Praveen Kumar, João Paulo Davim and Sumit Pramanik. Energy Conversion Strategies for Wind Energy System: Electrical, Mechanical and Material Aspects. *Materials* 2022, 15, 1232. p-13.
18. The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025. International Renewable Energy Agency. June 2016.
19. Jiang Yuan, Tian Hao. Energy Efficiency Optimization Management for Industrial Enterprises with Electric Vehicle Charging Stations. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 510 (2020) 022042. doi:10.1088/1755-1315/510/2/022042.
20. Гусева Н.В., Шевченко Н.Ю., Сошинов А.Г., Лебедева Ю.В.. Совершенствование системы тарифообразования на электрическую энергию. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*, 2010, № 5 (1), - С. 277–280.
21. Gayibov, T.Sh., Latipov, Sh.Sh. (2019). Optimum planning of power modes in conditions of partial uncertainty of background information. *Technical science and innovation* 2(2), 88-95.
22. Gayibov, T.Sh., Juraev, M.E. and Uzakov, B.A. (2014) Algorithm for optimizing the modes of electric networks, taking into account restrictions in the form of inequalities in the conditions of the probability of initial information. *Eurasian Union of Scientists. IV-International scientific and technical conference.* 4(5), 60-62. Moscow. (in Russian).
23. Valdma, M, Keel, M, Liik, O. and Tammoja, H. (2003). Method of Minimax optimization of Power System Operation. *Proceedings of IEEE Bologna PowerTech.* 23-26. Italy.
24. Valdma, M, Keel, M. and Liik, O. (1990). Optimization of active power generation in electric power system under incomplete information. *Proceedings. of Tenth Power Systems Computation Conference*, 1171-1176. Graz, Austria.

*Тошкент давлат техника
университети томонидан тақдим этилган*

UDK 621.3.042.2

MODELING OF HYSTERESIS LOOPS IN MAGNETIC SYSTEMS

O.T. Boltayev

Мақолада коэрцитив куч қиймати 32-72 А/м оралиқда бўлган материаллар учун гистерезис сиртмогини моделлаштириши жараёни кўриб чиқилган ва аппроксимациялашда юқори аниқликдаги натижаларга эришиши мумкин бўлган усуллар ҳамда ушбу усулларда фойдаланиладиган функцияларга қўйиладиган талаблар таҳлил қилинган. Тадқиқ этилаётган диапазондаги магнит тизимлар гистерезис сиртмогини тасвирлаш учун экспериментга яқин натижа олиши имконини берувчи ифода аниқланган ва натижалар эксперимент билан таққосланган. Ҳосил қилинган гистерезис сиртмоқлари ёрдамида коэрцитив кучнинг турли қийматларида ҳосил қилинган натижалар бутун сиртмоқ бўйлаб ҳар бир нуқтага нисбатан $0\div 24\%$, умумий натижага нисбатан $1\div 1.5\%$ оралиқда фарқ қилиши аниқланган. 4-ифода орқали ҳосил қилинган гистерезис сиртмоғи 3413 маркали совуқ ҳолда ишлов берилган магнит юшиоқ электротехник материалнинг гистерезис сиртмоғи билан таққосланганда ҳосил қилинган натижалар бутун сиртмоқ бўйлаб ҳар бир нуқтага нисбатан $0\div 13\%$, умумий натижага нисбатан $3.5\div 5.5\%$ оралиқда фарқ қилиши ва 5-ифода орқали ҳосил қилинган гистерезис сиртмоғи эса бутун сиртмоқ бўйлаб ҳар бир нуқтага нисбатан $0\div 11\%$, умумий натижага нисбатан $3\div 5\%$ оралиқда фарқ қилиши аниқланган.

Калит сўзлар: гистерезис сиртмоғи, коэрцитив куч, аппроксимация, ферромагнит материал, сегнетоэлектрик материаллар, магнитланиш майдони қучланганлиги, қолдиқ магнитланиши.

В статье рассмотрены процессы моделирования гистерезисной петли для материалов с величина коэрцитивной силы в диапазоне 32-72 А/м и проанализированы методы для получения более точных результатов аппроксимации, а также требования к функциям используемым в этих методах. Определено выражение для описания петли гистерезиса магнитных систем в исследуемом диапазоне, позволяющее получить результат, близкий к эксперименту и проведено сравнение результатов с экспериментом. Показано, что результаты, полученные с использованием сформированных петель гистерезиса при различных значениях коэрцитивной силы, отличаются на $0\div 24\%$ для каждой точки по всему контуру и на $1\div 1,5\%$, для суммарного результата. При сравнении петли гистерезиса, сформированного по формуле, с петлей гистерезиса холодно обработанного магнитомягкого электротехнического материала марки 3413, полученные результаты различаются в пределах $0\div 13\%$ для каждой точки по всему контуру и $3,5\div 5,5\%$ для общего результата; петля гистерезиса, сформированная по формуле, отличается на $0\div 11\%$ для каждой точки и $3\div 5\%$ для общего результата.

Ключевые слова: петля гистерезиса, коэрцитивная сила, аппроксимация, ферромагнитный материал, сегнетоэлектрик, напряженность намагниченного поля, остаточная намагниченность.

The article discusses the process of modeling a hysteresis loop for materials with a coercive force of magnitude in the range of 32-72 A/m and analyzes the methods for possible more accurate results in the approximation, as well as the requirements for the functions used in these methods. An expression is determined to describe the hysteresis loop of magnetic systems in the range under study, which makes it possible to obtain a result close to experiment, and the results are compared with experiment. It is determined that the results obtained using the formed hysteresis loops at different values of the coercive force differ by 0÷24% for each point along the entire contour and by 1÷1.5% for the total result. When comparing the hysteresis loop formed by expression 4 with the hysteresis loop of cold-worked magnetically soft electrical material brand 3413, the results obtained differ within 0÷13% for each point along the entire contour and 3.5÷5.5% for the total result and the hysteresis loop, formed by expression 5, differs by 0÷11% for each point and 3÷5% for the total result.

Keywords: hysteresis loop, coercive force, approximation, ferromagnetic material, ferroelectric material, magnetized field strength, remanence.

Introduction. Ferromagnetic electrotechnical materials are widely used in the production of electrical devices. When using these electrotechnical materials in practice, it is necessary to know their technical characteristics. There is a problem of calculating the power loss occurring in the core of electromagnetic devices, steel suspension structures, various ferromagnetic bodies and determining the distribution of the cumulative current and magnetic field in the ferromagnetic material when choosing the normal operating mode of this object. When solving problems at this level, it is necessary to take into account the nonlinearity of any ferromagnetic material. In particular, it is necessary to know the magnetic hysteresis surface of the used electrotechnical steel to perform the necessary calculations in practice. However, it is not always possible to find the required curves from suitable references. Therefore, several functions are used in the construction of the hysteresis surface of electrotechnical magnetic material. During the calculation, a convenient function (formula) is selected depending on the characteristics of the material and the accuracy level of the calculation result.

Main part. The following requirements are imposed on the approximating function (formula) [1, 7]:

- the approximating function gives a result close to the material hysteresis surface;
- since the function is used in the process of differentiation, its derivative also gives a result close to the material hysteresis surface;
- calculations performed on the approximating function should not be difficult;
- the approximating function should be odd;
- the approximating function includes the parameters of the universal and material hysteresis surface;

- the function should consist of as few constants as possible.

The widely used Relay formula and arctangent functions are used to determine the magnetic hysteresis curve of various ferromagnetic materials.

In most cases, the following Relay formula is used to describe the magnetic hysteresis surface in areas of weak magnetic field ($H \ll H_k$) [1, 2]:

$$M = (\gamma_b + k_R H_m)H \pm \frac{k_R}{2}(H^2 - H_m^2); \quad (1)$$

where is γ_b – initial magnetic susceptibility; k_R – Relay coefficient; H – the strength of the magnetic field; H_m – maximum strength of the magnetic field; H_k – coercive force in the limit cycle.

In the given expression, the "+" sign is appropriate for the rising part of the hysteresis surface, and the "-" sign is appropriate for the falling part. Using this expression, the results of the generated hysteresis contour coincide only with the edge points of the real contour of the ferromagnetic material, and deviations are observed in the remaining parts. Therefore, trigonometric functions, harmonic series of Lissage figures, ellipses (Arkadev's method), Hooke's law, S-shaped curves (Akulov's method), line expansion methods, polar coordinates and other methods were used to describe the magnetic hysteresis surface. But these methods were not widely used in practice for various reasons.

An expression consisting of an arctangent function is most often used to describe the magnetic hysteresis surface and has the form [1, 3]:

$$M(H) = k_1 \arctg\{k_2 [H + H_g(M, H)]\} + M_T(M, H); \quad (2)$$

where is $H_g(M, H)$ – Hysteresis field can be a function of simultaneous or separate magnetic field strength or instantaneous value of material magnetization and their direction change; $M_T(M, H)$ – correction function of magnetization or magnetic field strength; k_1, k_2 – The approximation parameters are determined using the point selection method.

In expression 2, we determine the approximation parameters by solving the system of equations formed when the following conditions are met:

- 1) $M_T = 0; H \rightarrow \infty; M = M_t;$
- 2) $M_T = 0; H = 0; M = M_q;$
- 3) $M_T = 0; H = \pm H_k; M = 0;$

where is M_t – saturation magnetization; M_q – residual magnetization.

$$k_1 = \frac{2}{\pi} M_t; H_g = \pm H_k; k_2 = \frac{1}{H_k} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{M_q}{M_t} \right).$$

Putting the determined parameters into the 2nd expression, we create the following formula of magnetization [5]:

$$M = \frac{2}{\pi} M_t \arctg \left[\frac{H \pm H_k}{H_k} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{M_q}{M_t} \right) \right]; \quad (3)$$

here, the "-" sign is appropriate for the rising part of the hysteresis surface, and the "+" sign is appropriate for the falling part.

Expression 3 is called the Zatsëpin approximation, and it is possible to describe only the outer limits of the magnetic hysteresis surface. Also, to describe the specific hysteresis

loop using this expression, it is necessary to change the saturation magnetization, remanent magnetization, and coercive force to the maximum values of these quantities, and in this case, expression 3 has the following form [1,6]:

$$M = \frac{2}{\pi} M_m \operatorname{arctg} \left(\frac{H \pm H_{km}}{H_{km}} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{M_{qm}}{M_m} \right) \right).$$

But it is observed that the hysteresis surface approximated by this expression has jump-changing parts. This, in turn, causes the result to be erroneous.

Y.F. Panamaryov proposed to introduce the following expression as a correction function to eliminate the shortcomings of the Zatsepin approximation:

$$M_T = \mp \frac{k_1}{2} [\operatorname{arctg} k_2 (H_m + H_k) - \operatorname{arctg} k_2 (H_m - H_k)],$$

From the approximation parameters k_1 for expression 2 $M_T = 0$, $H \rightarrow \infty$, $M = M_t$ is the same as the coefficient determined when the condition is met. k_2 the coefficient is determined by differential magnetic susceptibility according to the conditions $\gamma_d = k_1 k_2$, $H = H_k$ and has the following form:

$$k_3 = \frac{\pi}{2H_k}.$$

Substituting the expressions for the approximation parameters and the correction coefficient in expression 2, we form the following equation:

$$M = \frac{M_t}{\pi} \left\{ 2 \operatorname{arctg} \frac{\pi}{2} \left(\frac{H \pm H_k}{H_k} \right) \mp \left[\operatorname{arctg} \frac{\pi}{2} \left(\frac{H_m + H_k}{H_k} \right) - \operatorname{arctg} \frac{\pi}{2} \left(\frac{H_m - H_k}{H_k} \right) \right] \right\};$$

where the lower sign is appropriate for the rising part of the hysteresis surface, and the upper sign is appropriate for the falling part.

By inserting the condition $H_m \rightarrow \infty$ into the last expression, the following expression for the magnetic hysteresis boundary surface is formed:

$$M = \frac{2}{\pi} M_t \operatorname{arctg} \frac{\pi}{2} \left(\frac{H \pm H_k}{H_k} \right). \quad (4)$$

N.S. Akulov and B.A. Luchevskii proposed to include a non-standard expression for the correction function in expression 2 to describe the magnetic hysteresis surface of magnetoelectric materials. This expression is not widely used in practice due to the presence of residual magnetization, differential and reversible magnetic susceptibilities, as well as large errors in the experimental determination of the above-mentioned parameters.

M.A. Melguy proposed to introduce the following expression as a correction function to describe the magnetic hysteresis surface of magnetoelectric materials:

$$M_T = \frac{\gamma_b H_k^2 H}{H^2 + H_k^2} \pm \frac{M_t}{\pi} \frac{H_m^2}{H_m^2 + k_0 H_k^2} \left\{ 2 \operatorname{arctg} \left[\frac{H_k \pm H}{H_k} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi M_q}{2 M_t} \right) \right] \cdot \left[1 - \frac{H_m^2 + k_0 H_k^2}{H_m^2} \right] - \operatorname{arctg} \left[\frac{H_k + H_m}{H_k} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi M_q}{2 M_t} \right) \right] + \operatorname{arctg} \left[\frac{H_k - H_m}{H_k} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi M_q}{2 M_t} \right) \right] \right\};$$

where k_0 is the coefficient determined by the condition $H = H_m = H_k$, $M = M_{eksp}$.

From the approximation parameters k_1 2 for expression 2 when putting the expression of the correction function proposed by M.A. Melguy into the approximation function given in expression $M_T = 0$, $H \rightarrow \infty$, $M = M_t$ is the same as the coefficient determined when the condition is met. k_2 the coefficient is determined based on the condition $H = 0$, $H_m \rightarrow \infty$, $M_T = 0$ and $M = M_q$ it is equal to:

$$k_2 = \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi M_q}{2 M_t}\right)}{H_k}.$$

As a result, The M.A. Melguy approximation is expressed in the following form:

$$M_T = \frac{\gamma_b H_k^2 H}{H^2 + H_k^2} \pm \frac{M_t}{\pi} \frac{H_m^2}{H_m^2 + k_0 H_k} \cdot \left[2 \operatorname{arctg} \frac{H_k \pm H}{H_0} - \left(\operatorname{arctg} \frac{H_k + H_m}{H_0} + \operatorname{arctg} \frac{H_k - H_m}{H_0} \right) \right];$$

here the lower sign for the rising part of the hysteresis surface, and the upper sign for the falling part, and the coefficient k_0 is determined according to the condition $H = H_m = H_k$, $M = M_{eksp}$:

$$k_0 = \frac{M_t}{\pi} \frac{\operatorname{arctg}\left(2 \frac{H_k}{H_0}\right)}{M_{eksp} - \gamma_b \frac{H_k}{2}} - 1;$$

$H_m \rightarrow \infty$ conditionally expressed in the form of the Melguy approximation:

$$M = \frac{2}{\pi} M_t \operatorname{arctg} \frac{H_k \pm H}{H_0} = \frac{2}{\pi} M_t \operatorname{arctg} \left[\frac{H_k \pm H}{H_k} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi \cdot M_q}{2 M_t} \right) \right]. \quad (5)$$

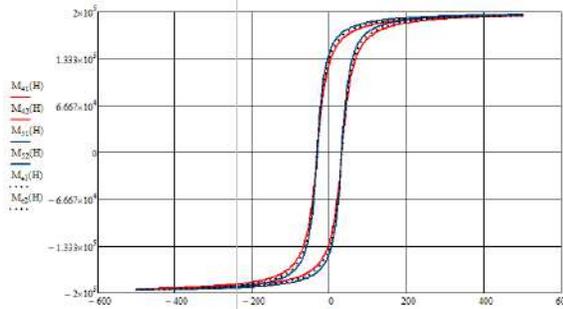


Fig.1. Magnetic hysteresis contour calculated using expressions 4 and 5

$$\left(H_k = 32 \frac{\text{A}}{\text{M}}; M_t = 0.2 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{M}}; M_q = 0.1432 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{M}} \right)$$

Among the proposed approximation methods for describing the hysteresis surface, it is possible to obtain the closest result to the experiment through the Panamaryov approximation. But the Melguy approximation, which is easy to determine the approximation parameters to achieve a relatively close result in a simple way, is widely used in practice [1,4,8].

Since the results of expressions 3 and 5 coincide with each other, it is sufficient to compare the results of expressions 4 and 5 with the experiment. Taking into account that the value of the coercive force of soft magnetic materials is in the range of 32-72 A/m, we compare the hysteresis surface for electrotechnical materials in this range with the experiment.

By comparing the results obtained using expression 4 with the experiment, we can see that the degree of accuracy of the magnetic hysteresis is several percent. In other cases, the error of calculation results is higher than 20%. It should be noted that when the hysteresis surface is calculated with the help of the 4th expression, an excess value of residual magnetization occurs. This condition should be taken into account when using the expression.

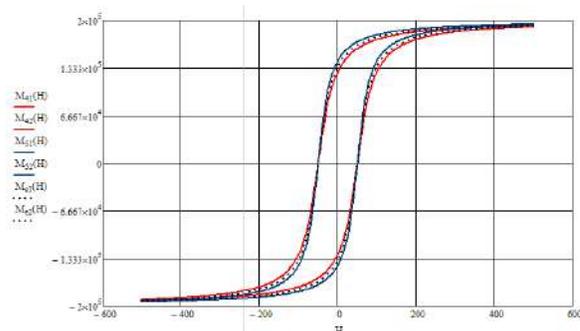


Fig.2. Magnetic hysteresis contour calculated using expressions 4 and 5
 $(H_k = 50 \frac{A}{M}; M_t = 0.2 \cdot 10^6 \frac{A}{M}; M_q = 0.1432 \cdot 10^6 \frac{A}{M})$

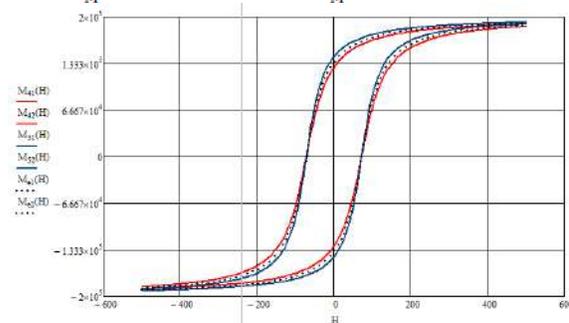


Fig.3. Magnetic hysteresis contour calculated using expressions 4 and 5
 $(H_k = 72 \frac{A}{M}; M_t = 0.2 \cdot 10^6 \frac{A}{M}; M_q = 0.1432 \cdot 10^6 \frac{A}{M})$

Conclusion. The magnetic hysteresis curves described by expressions 4 and 5 were created using MathCad software. It can be concluded from the generated hysteresis contours that the results obtained using these two expressions at different values of the coercive force differ by 0÷24% for each point along the entire contour, and 1÷1.5% for the total result. In this case, in order to evaluate which expression is close to the experiment, when we compare the hysteresis contour created by expression 4 with the hysteresis

contour of the cold-worked magnetic soft electrotechnical material of brand 3413, the results obtained are $0 \div 13\%$ for each point along the entire contour, and $3.5 \div 5.5\%$ for the total result. When we compare the hysteresis contour formed by the expression 5 with the hysteresis contour of the 3413 brand of electrotechnical material, the obtained results differ in the range of $0 \div 11\%$ for each point along the entire contour, and $3 \div 5\%$ for the total result.

Based on the results of the research, it was found that the results of the hysteresis surface generated using the 5th expression are close to the experimental results compared to the results of the 4th expression. When modeling the hysteresis surface in magnetic systems, in cases where it is not necessary to perform high-precision calculations, using expression 4, in cases where high-precision calculations are required, it is necessary to perform calculations using expression 5.

References

1. Матюк В.Ф., Осипов А.А. Математические модели кривой намагничивания и петель магнитного гистерезиса. // Неразрушающий контроль и диагностика, 2011. – №2. – С. 3-35.
2. Бедрицкий И.М., Халилов Н.А. К вопросу об аппроксимации кривых намагничивания электротехнических сталей. // Известия ВУЗов, технические науки, 2002. – №4 – С. 33-36.
3. Bazarov M., Bedritskiy I.M., Boltayev O.T. Estimation of an error of calculations of ferromagnetic elements from inductance of dispersion// European Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, 2017. – №3. – pp. 47-49.
4. Болтаев О.Т. Структурные методы расчета магнитных цепей с подвижными электромагнитными экранами. // X Международный молодежный конкурс научных работ «Молодежь в науке: новые аргументы». 1 март 2019. – Липецк, Россия, 2019. – С. 20-24.
5. Amirov S.F., Boltayev O.T. Methods of approximation of the magnetization curve (Magnitlanish egri chiziqlarini approksimatsiyalash usullari) // Problemi informatiki i energetiki. – Toshkent, 2017. – №6. – С.71-80.
6. Amirov S.F., Boltayev O.T., Akhmedova F.A. Calculation of Magnetic Chains with Mobile Screens // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. India. - №6, Issue 5, May 2019 – pp. 9243-9245.
7. Sulton A., Otabek B., Firuza A. New created mathematical models of movable screens and a scatter parameter converters // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 12, Special Issue – 02, 2020. – pp. 122-126.
8. Boltayev O., Akhmedova F., Kurbanov I.B. Consideration of the nonlinearity of the magnetization curve in the calculation of magnetic chains with a moving electromagnetic screen // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. – 2(95). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13086>.

*Presented by Tashkent
State Transport University*

УДК 621.398

**ASINXRON MOTOR REAKTIV QUVVATINING NAZORATI VA BOSHQARUVI
UCHUN BOSHQARILUVCHAN CHIQISH KUCHLANISHLI TOK
O'ZGARTKICHNI MODELLASHTIRISH**

I.X. Siddiqov, Z.U. Boixanov

Ushbu maqolada elektr energiyasining asosiy iste'molchilaridan bo'lgan asinxron motorlar iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatni o'lchash, nazorat qilish va boshqarishda qo'llaniladigan boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichni modellashtirish keltirilgan. Modellashtirishdan asosiy maqsad asinxron motorlar umumiy ishlab chiqarilgan aktiv elektr energiyaning 55 foizdan, reaktiv elektr energiyani esa 60 foizdan ko'pini iste'mol qilganligi asosida elektr energiya quvvatlarining kattaliklari va parametrlarini baholashda qo'llanilayotgan elektr toki o'zgartirgichlarining yuqori aniqligi, sezgirligi, ixchamligi, kontaktiz o'gartirish jarayonini amalga oshirishi, me'yorlangan va boshqariluvchan chiqish signalini ta'minlay olishi imkoniyatlarini kengaytirish masalalari uchun har stator chulg'amidagi har bir fazadagi elektr va magnit jarayonlarni modellashtirish batafsil yoritib berilgan. Bunda asinxron motorning reaktiv quvvatini nosimmetrik kattaliklarini boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartirgichlarining elementlari va zanjirlararo bog'lanishlarini modellashtirish va o'zgartkichlarni tuzilish tamoyillarini tadqiq qilishda birlamchi uch fazali toklar qiymatini kuchlanish ko'rinishdagi kattaliklarga o'zgartirish jarayonini va o'zgartkich tuzilmasining modelini har xil turdagi fizik tabiatli signal o'zgartirish tamoyillarini, o'zgartkich tuzilmasi va elementlarining kattaliklari va parametrlarini o'zaro munosabatlarini o'z ichiga oladi.

Kalit so'zlar: *asinxron motor, reaktiv quvvat, boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkich, stator chulg'ami, temir o'zak, asosiy magnit oqim, sochiluvchan magnit oqim, magnit yurituvchi kuch. sezgir element.*

В данной статье представлено моделирование преобразователя тока с регулируемым выходным напряжением, который используется при измерении, контроле и управлении реактивной мощностью, потребляемой асинхронными двигателями, являющимися основными потребителями электроэнергии. Основной целью моделирования является высокая точность, чувствительность, компактность трансформаторов электрического тока, используемых при оценке величин и параметров электрической мощности, исходя из того, что асинхронные двигатели потребляют более 55% всей вырабатываемой активной электроэнергии. энергии, а реактивной электрической энергии более 60%. Детализировано моделирование электрических и магнитных процессов в каждой фазе каждой обмотки статора с целью расширения возможностей бесконтактной коммутации, обеспечивающей регулируемый и контролируемый выходной сигнал. При этом симметричные величины реактивной мощности асинхронного двигателя, моделирование элементов и связей между цепями трансформаторов тока с

регулируемым выходным напряжением и процесс изменения величины первичных трехфазных токов на величины в виде напряжений, а модель структуры преобразователя включает в себя принципы преобразования сигналов различных видов физической природы, взаимосвязь между величинами и параметрами конструкции преобразователя и элементов.

Ключевые слова: *асинхронный двигатель, реактивная мощность, преобразователь тока с регулируемым выходным напряжением, обмотка статора, стальной сердечник, основной магнитный поток, рассеянный магнитный поток, магнитная движущая сила. чувствительный элемент.*

This article presents a simulation of a current converter with an adjustable output voltage, which is used in the measurement, control and management of reactive power consumed by asynchronous motors, which are the main consumers of electricity. The main purpose of the simulation is high accuracy, sensitivity, compactness of electric current transformers used in assessing the values and parameters of electric power, based on the fact that asynchronous motors consume more than 55 percent of all generated active electricity. energy, and reactive electrical energy more than 60 percent Modeling of electrical and magnetic processes in each phase of each stator winding is detailed in order to expand the possibilities of non-contact switching, providing an adjustable and controlled output signal. At the same time, the symmetrical values of the reactive power of an induction motor, modeling of elements and connections between circuits of current transformers with adjustable output voltage and the process of changing the value of primary three-phase currents to values in the form of voltage, and the model of the structure of the converter includes the principles of converting signals of various types of physical nature, the relationship between the values and design parameters of the converter and elements

Key words: *asynchronous motor, reactive power, current converter with adjustable output voltage, stator winding, steel core, main magnetic flux, scattered magnetic flux, magnetic driving force. sensitive element.*

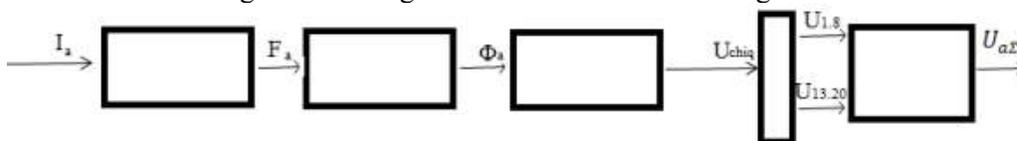
Кирish. Jahonda elektr energiyasining asosiy iste'molchilaridan bo'lgan asinxron motorlar iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatni o'lchash, nazorat qilish va boshqarishda qo'llanilayotgan raqamli texnika va zamonaviy texnologiyalarni ishlab chiqish yetakchi o'rinni egallamoqda. Asinxron motorlar umumiy ishlab chiqarilgan aktiv elektr energiyaning 55 foizdan, reaktiv elektr energkiyani esa 60 foizdan ko'pini iste'mol qilganligi asosida elektr energiya quvvatlarining kattaliklari va parametrlarini baholashda qo'llanilayotgan elektr toki o'zgartirgichlarining yuqori aniqligi, sezgirligi, ixchamligi, kontaktsiz o'gartirish jarayonini amalga oshirishi, me'yorlangan va boshqariluvchan chiqish signalini ta'minlay olishi imkoniyatlarini kengaytirish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Jahonda elektr energiyasining asinxron motorlari ko'rinishidagi yuklamalarini iste'mol qilayotgan quvvatini uch fazali toklarini nominaldan farq qiluvchi kattaliklarini o'lchash va boshqarish elementlari va qurilmalarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari jadal olib borilmoqda. Shu jihatdan, elektr energiyasining asinxron motor

tipidagi reaktiv quvvati iste'molchilarini kattalik va parametrlarini baholashda raqamli texnologiyalardan foydalangan holda modellashtirish va tadqiqotlarni amalga oshirish va ular asosida birlamchi signal o'zgartirish qurilmalarining yangi, ixcham, yagona shaklli tuzilmalarini ishlab chiqish hamda amaliyotga tatbiq etish muhim vazifalardan hisoblanadi.

Asosiy qism. Asinxron motorning reaktiv quvvatini nosimmetrik kattaliklarini boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartirgichlarining elementlari va zanjirlararo bog'lanishlarini modellashtirish va o'zgartirgichlarni tuzilish tamoyillarini tadqiq qilishda, o'zgartirgich tuzilmasi asosini tashkil etuvchi fizika–texnik effektlarni tadqiq etish talab qilinadi [1-5].

Birlamchi uch fazali toklar qiymatini kuchlanish ko'rinishdagi kattaliklarga o'zgartirish jarayonini va o'zgartirgich tuzilmasining modelini qurish algoritmi har xil turdagi fizik tabiatli signal o'zgartirish tamoyillarini, o'zgartirgich tuzilmasi va elementlarining kattaliklari va parametrlarini o'zaro munosabatlarini o'z ichiga oladi. Ushbu algoritm asinxron motorning reaktiv quvvatini nazorat qilish va boshqarish jarayoniga mos keladi [6-8].

Asinxron motorning birlamchi toki o'zgartirgichini tuzilmasi va fizik texnik effektlar asosida tuzilgan modelning ko'rinishi 1 – rasmda keltirilgan.



1 – rasm. Asinxron motorning reaktiv quvvatni nazorati va boshqaruvidagi boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartirgichini fizik–texnik effektlari asosida umumlashgan modeli

Asinxron motorning uch fazali toklari kattalik va parametrlarini o'zgartirgichi tuzilmalarining fizik–texnik effektlarini modellashtirishda o'zgartirgichning tuzilmasida qo'llanilgan fizik–texnik effektlar (FTE) e'tiborga olingan parametrik tuzilish sxemasi, elektr kattalik va parametrlarni o'zgartirish, ularni o'zaro bog'lanish tuzilmasining graf modeli ishlab chiqiladi [3].

Bu yerda U_{chiq} – chiqish kuchlanishi tashkil etuvchisi; $U_{1,8}$ –bitta halqadagi boshqariluvchan chiqish kuchlanishni tashkil etuvchisi, $U_{13,20}$ – ikkinchi halqadagi boshqariluvchan chiqish kuchlanishni tashkil etuvchisi, $U_{aΣ}$ – umumiy o'lchash chulg'amidagi yig'indi boshqariluvchan chiqish kuchlanishni tashkil etuvchisi.

Asinxron motorga elektr energiyani tarmoqdan yetkazib berish jarayonida turli xil tashqi va ichki parametrlarni hisobga olib, iste'mol qilnayotgan reaktiv quvvati nosimmetrik kattaliklarini boshqariluvchan chiqish kuchlanishga o'zgarishini graf modelini quyidagicha yozib olamiz:

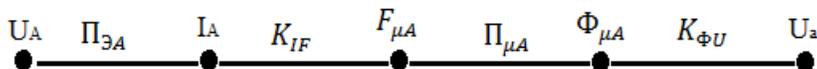
$$U_{aΣ} = U_a = U_{1,8} = \left(4,44 \cdot f \cdot W_{c1} \cdot \frac{I_A}{R_{\mu}} \right) W_{11} ; \quad (1)$$

bu yerda: I_A – asinxron motor iste'mol qilayotgan elektr tarmog'ining A fazasi birlamchi

toki; f - tok chastotasi; w_{11} – boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkich sezish elementining bitta halqasi.

Asinxron motor stator chulg'ami A fazasi uchun xisoblab chiqiladi.

Asinxron motorning reaktiv quvvatini nazorati va boshqaruvi uchun boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichining yig'iq parametrlari modeli quyidagicha shakllantirildi.



2.-rasm. Asinxron motor reaktiv quvvatni nazorati va boshqaruvi uchun boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichining yig'iq parametrlari modeli

Bundan, quyidai analitik ifodalarni shakllantiramiz:

$$I_A = P_{EA} \cdot U_A = \frac{U_A}{R_A}; \quad (2)$$

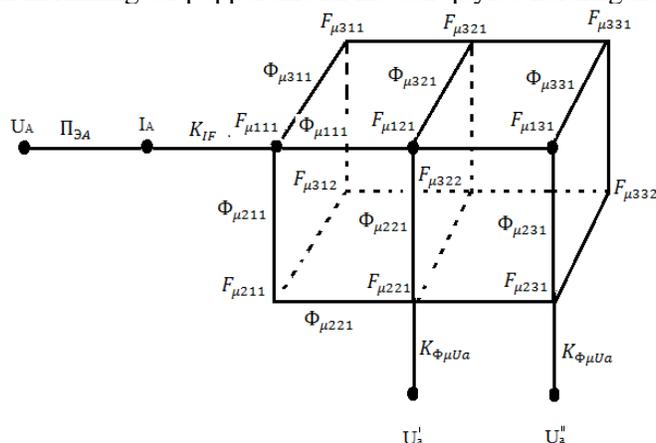
$$F_{\mu A} = K_{IF} \cdot I_A = K_{IF} \cdot P_{EA} \cdot U_A = K_{IF} \cdot \frac{1}{R_A} \cdot U_A; \quad (3)$$

$$F_{\mu A} = P_{\mu A} \cdot F_{\mu A} = P_{\mu A} \cdot K_{IF} \cdot I_A = P_{\mu A} \cdot K_{IF} \cdot P_{EA} \cdot U_A; \quad (4)$$

$$U_a = K_{FU} \cdot F_{\mu A} = K_{FU} \cdot P_{\mu A} \cdot K_{IF} \cdot P_{EA} \cdot U_A; \quad (5)$$

$$U_a = 4,44 \cdot f \cdot W_c \cdot \frac{I_A \cdot W_c \mathcal{E}}{R_{\mu A}}. \quad (6)$$

Asinxron motorning reaktiv nazorati va boshqaruvi uchun boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichining tarqoq parametrlari modeli quyida keltirilgan.



2.-rasm. Asinxron motorning reaktiv quvvatni boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichining tarqoq parametrlari modeli

Asinxron motorning stator o'zakida uch fazali stator toklari magnit yurituvchi kuchlarni hosil qiladi [7-10].

Ikkita sezgir elementli o'zgartkichning chiqishidagi boshqariluvchan chiqish

kuchlanishi quyidagicha shakllantirildi:

$$\frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 121}}{R_{\mu 111}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 211}}{R_{\mu 211}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 311}}{R_{\mu 311}} = K_{IF} \cdot I_A$$

yoki

$$\left(\frac{1}{R_{\mu 111}} + \frac{1}{R_{\mu 211}} + \frac{1}{R_{\mu 311}} \right) \cdot F_{\mu 111} - \frac{1}{R_{\mu 111}} F_{\mu 121} - \frac{1}{R_{\mu 211}} F_{\mu 211} - \frac{1}{R_{\mu 311}} F_{\mu 311} = K_{IF} \cdot I_A$$

Asinxron motoring reaktiv quvvatini nosimmetrik kattaliklarini boshqariluvchan chiqish kuchlanishini birinchi halqasidagi ya'ni bitta sezgir elementdan olinayotgan kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$U'_a = K_{F\mu UA} \cdot W'(I_A U'_a) \cdot K_{IF} \cdot I_A. \quad (7)$$

Xuddi shu asosida ikkinchi halqadagi boshqariluvchan chiqish kuchlanishini topib olamiz.

$$U''_a = K_{F\mu UA} \cdot W''(I_A U''_a) \cdot K_{IF} \cdot I_A. \quad (8)$$

Asinxron motor reaktiv quvvati nosimmetrik kattaliklarini boshqariluvchan chiqish kuchlanishini ikkita sezgir elementdan olinayotgan signalni quyidagicha ifodalaymiz:

$$U_a = U'_a + U''_a = K_{F\mu UA} (W'(I_A U'_a) + W''(I_A U''_a)) \cdot K_{IF} \cdot I_A \quad (9)$$

Xulosa. Asinxron motor reaktiv quvvatini nazorati va boshqaruvi uchun boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichning magnit bo'laklarida hosil qilingan magnit kattalik va parametrlarini tarqalishini tadqiq etish imkonini beruvchi yig'iq va tarqoq parametrli model va uni tuzish algoritmi ishlab chiqildi, o'lchov halqalarini alohida, ketma - ket ulash asosida o'zgartirish bo'lagi parametrlarini tadqiq etish kuchlanish ko'rinishidagi chiqish signali ta'minlaydi. Asinxron motor reaktiv quvvatini boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichning chiqishidagi kuchlanish U_a uchun graf model shakllantirildi va shu graf model kabi U_b , U_c grafmodellar ham shakllantiriladi. Natijada, uchfazali signallar nosimmetriklik holatini perpendikulyarlik va bir tekisda tarqalishlik talablari asosida magnit oqimlar o'zgartkich sezgir elementlari yuzasini kesib o'tishini va o'zgartirish bo'laklarining M.Yu.K. va magnit oqimining qiymatlarini ratsional hisoblash ta'minlanadi.

Adabiyot

1. Сиддигов И.Х. Преобразователь тока // Тез. докл. Респ. конф. ФерПИ 14–15 ноября 2008. –Фергана, 2008. – С.54-60.
2. Сиддигов И.Х. Электромагнитные преобразователи тока в напряжение с плоскими измерительными обмотками для комбинированного управления реактивной мощностью энергосистем. Дисс. докт. техн. наук. Ташкент – 2015.
3. Сиддигов И.Х. Электромагнитные преобразователи тока в напряжение с плоскими измерительными обмотками. Монография. – Ташкент, ТашГТУ, 2012.

4. Патент РУз (UZ) № FAP 01943. Преобразователь тока в напряжения. Сиддиков И.Х., Боихонов З.У. // Расмий ахборотнома, 2022.- №5.
5. . Патент РУз (UZ) № FAP20220131/3-son. Преобразователь тока в напряжения. Сиддиков И.Х., Боихонов З.У., Сиддиков О.И., Каримжонов Д.Д. // Патент бериш тўғрисидаги қарор, 2022.
6. Boikhanov Z.U. Effect of changes in the active resistance of stator windings of an asynchronous electric motor on the output signal of a three-phase current converter // Chemical Technology. Control and Management. Tashkent, Vol. 2022.y
7. Сиддиков И. Х., Махсудов М. Т., Боиханов З.У. Схема замещения и анализ работы асинхронного двигателя при потреблении реактивной мощности // Журнал «Главный энергетик». Россия, г. Москва, 2021.
8. Boixanov Z.U. Elektr ta'minoti tizimida reaktiv quvvat manbalarini parametrlari //Scientific and technical journal of "Machine- building" 2021 y.
9. Boixanov Z.U. Boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichlarining dinamik tavsiflari // Ilm-fan va innovatsion rivojlanish. ilmiy jurnal.Toshkent №2-son.2022 yil
10. Махсудов М.Т., Маликов А., Боихонов З.У. Асинхрон моторнинг реактив қувватини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари ток ўзгарткичининг хатолиги ва ишончлилиги // “Машинасозлик “ илмий-техника журнали. Андижон, март 2021.

*Andijon mashinasozlik instituti
tomonidan taqdim etilgan*

УДК: 631.314

**ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРДА ИШЛОВЧИ АГРЕГАТЛАРНИНГ ОПТИМАЛ
ТАРКИБИНИ ГЕНЕТИК АЛГОРИТМ ЁРДАМИДА ТАНЛАШ**

Т.Ш. Гайибов, Б.М. Пулатов

Ушбу мақолада генетик алгоритм асосида электр станцияларида ишловчи агрегатлар таркибини танлашнинг янги алгоритми таклиф қилинган. Унга кўра муаммони ҳал қилиш икки босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда оптималлаштиришда иштирок этувчи станцияларнинг умумий энергетик характеристикалари қурилади. Иккинчи босқичда барча чеклов шартларини ҳисобга олган ҳолда энергетика тизимининг юклама графигини барча станциялар томонидан генетик алгоритм ёрдамида оптимал қоплаш орқали ишловчи агрегатларнинг оптимал таркиби аниқланади. Натижанинг юқори аниқлиги шундан иборатки, жадвал кўринишида берилган маълумотларни энергия тавсифларидан бевосита фойдаланиш ва генетик алгоритмнинг кўп экстремумли муаммоларни ҳеч қандай соддалаштиришсиз ҳал қилиш имконияти мавжудлигидадир.

Калит сўзлар: энергетика тизими, электр станцияси, генетик алгоритм, юклама жадвали, ёқилги нархи.

В данной статье предлагается отвечающий современным требованиям новый алгоритм выбора состава работающих агрегатов в электростанциях на основе генетического алгоритма. Решение проблемы осуществляется в два этапа. На первом этапе строятся обобщенные энергетические характеристики объектов, участвующих в оптимизации. На втором этапе на основе оптимального покрытия графика нагрузки энергосистемы всеми станциями по полученным их обобщенным энергетическим характеристикам с учетом всех ограничивающих факторов генетическим алгоритмом определяется оптимальный состав работающих агрегатов. Высокая точность ре-зультата обеспечивается прямым использованием энергетических характеристик станций, обычно задаваемых в табличной форме, и способностью генетического алгоритма решать многоэкстремальные задачи без каких-либо упрощений.

Ключевые слова: энергосистема, электростанция, генетический алгоритм, график нагрузки, затраты на топливо.

In this paper, we propose a new algorithm for selection the composition of operating units in power plants based on a genetic algorithm, which, to a certain extent, meets modern requirements. The solution to the problem is carried out in two stages. At the first stage, generalized energy characteristics of the plants participating in the optimization are constructed. At the second stage in basis of optimal coverage of the power system load schedule by all plants according to their obtained generalized energy characteristics taking into account all limiting factors, by the genetic algorithm the optimal compositions of the

operating units are determined. High accuracy of the result is ensured by the direct use of energy characteristics of plants, usually set in a tabular form, and the ability of the genetic algorithm to solve multi-extreme problems without any simplifications.

Keywords: power system, power plant, genetic algorithm, load schedule, fuel costs.

Кириш. Ҳозирги замон энергетика тизимларининг юклама графикларини юкори даражада нотекислиги юкломанинг камайиб бориш соатларда электр станцияларида ишловчи агрегатларнинг қувватларини камайтириш, баъзан эса уларнинг бир қисмини ўчириш, юкломанинг ошиб бориш соатларида эса, аксинча уларнинг қувватларини ошириш ёки олдин тўхтатилган агрегатларнинг бир қисмини ишга туширишни талаб этади. Бунга мос ҳолда электр станцияларида ишловчи агрегатларнинг оптимал таркибини танлаш масаласининг маъноси энергетика тизимининг бутун ишлаш цикли давомида умумий ёқилғи сарфини минимал бўлишини таъминлаш учун уларни ишга тушириш ва тўхтатиш вақтини аниқлаш масаласига келтирилади. Мақолада станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптимал таркибини танлашнинг станцияларнинг умумлашган энергетик характеристикаларидан фойдаланишга асосланган самарали генетик алгоритми ишлаб чиқилди. Унга кўра режалаштирилаётган даврнинг ҳар бир интервалида станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптимал таркибини танлаш ушбу соатда тўхтатилувчи ёки ишга туширилувчи агрегатларни оптимал тарзда аниқлаш масаласига келтирилади.

Асосий қисм. Масаланинг қўйилишига кўра умумий ҳолатда энергетика тизимида T ростлаш цикли давомида ёқилғи сарфи билан боғлиқ бўлган умумий харажатлар функцияси минималлаштирилади:

$$F = \sum_{t=1}^{n_T} \sum_{i=1}^n [B_{it}(P_{it}, c_{it}) + B_{it}^{\Pi}(\tau_{it}, c_{it})]; \quad (1)$$

бу ерда n – оптималлашда қатнашувчи ИЭСлар сони; n_T – кўрилатган ростлаш цикли T да ҳисоблаш интервалларининг сони; $P_{it}, B_{it} - i$ – ИЭСда t – интервалдаги юклама ва ёқилғи харажатлари; $c_{it} - i$ -чи ИЭСда вақтнинг t -чи интервалида ишловчи агрегатларнинг таркиби; $\tau_{it} - i$ -чи ИЭСда вақтнинг t -чи интервалида ишга туширилувчи агрегатнинг тўхтаб туриш вақти; $B_{it}^{\Pi} - i$ - ИЭСда τ_{it} вақт давомида тўхтаб турган агрегатни ишга туширишга сафланувчи ёқилғи харажатлари. Бу ерда, шунингдек B_{it}^{Π} ўз ичига агрегатни ҳар бир ишга туширишда ресурсининг камайиши ҳисобига ишлаш муддатининг камайиши билан боғлиқ бўлган харажатларни ҳам олади. $\tau_{it} \leq 20$ соат бўлганда ишга тушириш харажатлари функциясини тахминан координата бошидан ўтувчи тўғри чизик кўринишида ифодалаш мумкин.

Бундай ҳолатда юкоридаги мақсад функциясида умумий кўпайтувчи бўлиб колганлиги сабабли мақсад функцияси қуйидаги кўринишни олади:

$$F = \sum_{i=1}^n [B_i(P_i, c_i) + B_{oi}^{\Pi}(c_i)], \quad \text{бу ерда } B_{oi}^{\Pi} = \frac{B_i^{\Pi}}{\tau_i}. \quad (2)$$

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Функциясининг минималлаштириш бир вақтда ишга туширилувчи агрегатларнинг сони, қувватни ошириш тезлиги, энергетика тизимида актив қувват баланси, оптималлашда қатнашувчи станцияларнинг чегаравий қувватлари назорат қилиб турилувчи линияларда қувват оқимлари бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиб амалга оширилади:

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max}. \quad (3)$$

Энергетика тизимида актив қувват баланси бўйича:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i - P_n - \pi = 0. \quad (4)$$

Назорат қилинувчи электр узатиш линиялари (ЭУЛ)да қувват оқимининг рухсат этилган қийматлари бўйича:

$$P_l^{\min} \leq P_l \leq P_l^{\max}, \quad l \in L; \quad (5)$$

бу ерда, W - энергетика тизимида актив қувват баланси; P_n - энергетика тизими истеъмолчиларининг умумий актив юкмаси; π - энергетика тизимининг электр тармоқларидаги умумий актив қувват исрофи; L - қувват оқимлари назорат қилинувчи электр узатиш линиялари сони; P_l , P_l^{\min} , P_l^{\max} - назорат қилинувчи l -чи линияда актив қувват оқимининг рухсат этилган минимал ва максимал қийматлари.

Электр тармоқларининг тармоқлари бўйлаб тугунларнинг қувват тақсимлаш коэффициентларидан фойдаланган ҳолда назорат қилинаётган электр узатиш линияларда актив қувват оқимлари ҳисобланаётган станциянинг юкмасини чизикли функцияси сифатида ифодаланади:

$$P_l = \sum_{i \in \Gamma} C_{li} P_i - \sum_{j \in H} C_{lj} P_j + P_{l0}; \quad (6)$$

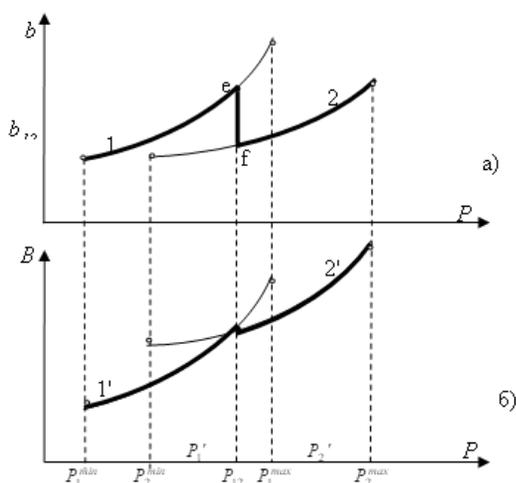
бу ерда, Γ , H - генерацияловчи ва юклама тугунлари тўпламлари; C_{li} l - ЭУЛ нинг i тугунининг қувват тақсимлаш коэффициенти; P_{l0} - электр станция юкмасига боғлиқ бўлмаган тугунларининг актив қувват оқими.

Кўрилаётган масаланинг ечиш учун таклиф қилинаётган ушбу алгоритмда бутун сонли дастурлаш масаласини ҳал қилиш ҳар хил юкламаларда ишлаётган уни узлуксиз дастурлаш масаласига келтириб эчилади. У икки босқичдан иборат. Биринчи босқичда алоҳида агрегатлар учун харажатларнинг нисбий ўсиши бўйича ҳар хил таркибдаги агрегатлар учун энергетик характеристикалар қурилиб, улар асосида умумлашган энергетик характеристикалар қурилади. Умумлашган энергетик характеристикаларда уланган алоҳида агрегатлар таркиби учун уланган агрегатларнинг оптимал таркибини ишга тушириш сарфлари ҳисобга олиб қурилади. Иккинчи босқичда энергетика тизимининг юкмасини оптималлашда қатнашувчи станциялар ўртасида юқорида қайд этилган барча чегаравий шартларни ҳисобга олиб, чизикли дастурлаш усуллари ёрдамида амалга оширилади.

Ҳар бир аниқ таркиб учун нисбий ўсиш характеристикалари унга қиравчи нисбий ўсиш характеристикаларининг абциссаларини қўшиш орқали қурилади.

Умумлашган нисбий ўсиш характеристикаси (НЎХ) ва сарф характеристикасини куриш куйидаги тартибда амалга оширилади [1,3,4].

Электр станциясида иккита мумкин бўлган агрегатлар таркиби (1 ва 2) мавжуд деб фараз қилайлик (1,а- расм). Ҳисоблашларда $P_1^{min}-P_2^{min}$ ораликда фақат 1- НЎХга эга бўлган агрегатлар таркиби ишлаши мумкин. $P_1^{max}-P_2^{max}$ ораликда эса, шу сингари фақат 2 - НЎХга мос агрегатлар таркиби ишлаши мумкин. Бунда B_2 га ишга туширилувчи агрегатнинг ишга тушириш сарфи B_{o2}^{II} ҳам киради. Агар юклама P_2^{min} га тенг бўлиб, $B_1 > B_2$ бўлса, у ҳолда бу нуқтада 2- НЎХ мос келувчи характеристикага ўтилади. Акс ҳолда $P_2^{min}-P_1^{max}$ ораликда $B_1 = B_2$ шартнинг бажарилишини таъминлови ўтиш амалга оширилади. Агар $P_2^{min}-P_1^{max}$ ораликда $B_1 < B_2$ лигича қолса, у ҳолда 2- НЎХга P_1^{max} нуқтада ўтилади.



1- расм. ИЭСнинг умумлашган нисбий ўсишлар (а) ва сарф (б) характеристикаларини куриш

1-расмда кўриб ўтилаётган ҳолат учун ушбу тартибда қурилган умумлашган нисбий ўсишлар (1,а-расм) ва 2 та агрегат таркиби сарф характеристикалари (1,б-расм, 1' ва 2' эгри чизиклар) қалин чизиклар билан кўрсатилган.

Умумий ҳолатда электр станцияларида ишлаши мумкин бўлган кўплаб агрегатлар таркиби бўлади. Агар шундай станцияда бир вақтнинг ўзида биттадан ортиқ агрегатни ишга тушириш мумкин бўлмаса, у ҳолда навбатдаги таркибга ўтиш нуқтасини аниқлашда биттадан ортиқ бўлган составларга ўтиш мумкин бўлган барча вариантлар кўришдан четлаштирилади. Шундай қилиб, электр станциясининг ростлаш диапазони учун бир агрегатлар таркибидан кейингиса ўтишнинг барча нуқталари ва мос ҳолда ҳар бир агрегатлар таркибининг ишлаш зонаси аниқланади.

Ушбу тартибда ҳосил бўлувчи умумлашган нисбий ўсишлар характеристикаси аррасимон кўринишга эга бўлади. Натижада бундай характеристикалардан фойдаланишга асосланувчи оптималлаш масаласи кўп экстремумли бўлиб қолиб, уни ечиш янада мураккаблашади. Бундай қийинчиликни бартараф этиш учун ҳосил

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

бўлган нисбий ўсиш характеристикалари аппроксимациялаш орқали модификацияланади [1,3,4].

Электр станцияларининг умумлашган энергетик характеристикалари қурилганидан сўнг ҳисоблашларнинг иккинчи босқичи бажарилади. Бу ҳисоблашлар энергетика тизимидаги станцияларда ёкилувчи умумий шартли ёкилғини юқорида келтирилган чегаравий шартларни ҳисобга олиб минималлаштиришдан иборатдир:

$$F = \sum_{i=1}^n B_i(P_i) \rightarrow \min. \quad (8)$$

Мақсад функциясини минималлаштириш бир вақтда ишга туширилувчи агрегатларнинг сони, станциянинг қувватни ошириш тезлиги, энергетика тизимида актив қувват баланси, оптималлашда қатнашувчи станцияларнинг чегаравий қувватлари, назорат қилиб турилувчи линияларда қувват оқимлари бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиб амалга оширилади [3,4].

Таклиф қилинаётган ушбу алгоритмда бутун сонли дастурлаш масаласини ечиш уни узлуксиз дастурлаш масаласига келтириш орқали амалга оширилади. У иккита босқичдан иборат. Биринчи босқичда ҳар бир станция учун унда мазкур вақт интервалида ишлаши мумкин бўлган барча агрегатлар таркиби учун харажатларнинг нисбий ўсиш характеристикалари қурилади. Сўнгра алоҳида агрегатлар учун характеристикалардан навбатдагисига ўтиш қувватлари аниқланади. Бунда, агар навбатдаги агрегатлар таркибига ўтишда бирор агрегатни ишга тушириш кўзда тутилса, уни ишга тушириш билан боғлиқ сарф харажатлар ҳам эътиборга олинади [8]. Таклиф этилган станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптимал таркибини танлашнинг эволюцион алгоритмини самарадорлиги, шунингдек, кўплаб агрегатларга эга бўлган йирик станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптимал таркибини танлашнинг тадқиқ қилинди.

1-жадвал

Энергетика тизимининг суммавий юклама графиги

<i>t, c</i>	1	2	3	4
<i>P_{шт.}</i> МВт	3500	4000	4500	4200

2-жадвал

ИЭСнинг энергоблокларининг нисбий ўсиш сарф тавсифлари

ИЭС – 1 <i>B₀</i> =35,2 <i>т.ш.ё./с.</i>	<i>P₁</i> , МВт	100	108	115	130	159	188	210
	<i>b₁</i> , <i>т.ш.ё./МВт·с.</i>	0,301	0,303	0,305	0,307	0,309	0,330	0,332
ИЭС – 2 <i>B₀</i> =28,5 <i>т.ш.ё./с.</i>	<i>P₂</i> , МВт	80	96	109	110	160		
	<i>b₂</i> , <i>т.ш.ё./МВт·с.</i>	0,316	0,317	0,319	0,334	0,3341		
ИЭС – 3 <i>B₀</i> =50,0 <i>т.ш.ё./с.</i>	<i>P₃</i> , МВт	150	240	270	271	300		
	<i>b₃</i> , <i>т.ш.ё./МВт·с.</i>	0,295	0,296	0,297	0,300	0,3001		

Энергетика тизимининг берилган юклама графигини ҳар бирида мос ҳолда 5 та, 12 та ва 7 та бир хил типдаги агрегатлар мавжуд бўлган 3 та ИЭС ёрдамида

оптимально кооплашда ҳар бир соатда станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптималь таркибини танлаш талаб этилади.

Энергия тизимининг суткалик умумий юклама жадвали 1-жадвал келтирилган. 1-ИЭС, 2-ИЭС ва 3-ИЭС бир хил турдаги мос равишда 5, 12 ва 7 иссиқлик электр станцияларига эга. Битта ИЭС блоки учун мос ёқилғисининг НҶХ истеъмоли 2-жадвалда келтирилган.

Унинг юқорида келтирилган эталон натижа билан бир хиллиги, таклиф этилган эволюцион алгоритмнинг катта аниқликка эга эканлиги ва ундан самарали фойдаланиш мумкинлиги кўрсатади. Бундан ташқари, ушбу эволюцион алгоритмда станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптималь таркиби аниқланиши билан бир вақтда уларнинг оптималь қувватлари ҳам катта аниқликда ҳосил бўлади. Таклиф этилаётган алгоритмда кўрсатиб ўтилган алгоритм бўйича электр станцияларда ишловчи агрегатларнинг оптималь таркиби натижалари келтирилган. Уларни 3-жадвалда келтирилган натижалар билан солиштириганда уларнинг тўлиқ мос келишини кўрсатади.

3-жадвал

ИЭС да ишловчи агрегатларнинг оптималь таркиби натижалари

t, с.	1 - ИЭС		2 - ИЭС		3 - ИЭС		t-интервалдаги суммарий сарф тавсифи, т.ш.ё./с.
	Ишлаётган агрегатларнинг сони	P, МВт	Ишлаётган агрегатларнинг сони	P, МВт	Ишлаётган агрегатларнинг сони	P, МВт	
1	5	1050	3	350	7	2100	1131,3
2	5	1050	6	850	7	2100	1302,1
3	5	1050	9	1350	7	2100	1473,0
4	5	1050	7	1050	7	2100	1370,2

Хулоса. Шундай қилиб, электр станцияларида ишловчи агрегатларнинг оптималь таркибини танлашнинг тавсия этилган генетик алгоритми масаласининг ечимини юқори аниқлик билан ишончли тарзда олиш имконини беради. Ўзгарувчиларни ҳақиқий кодлаш билан генетик алгоритмдан фойдаланиш у электр станцияларининг жадвал кўринишида берилувчи энергетик характеристикаларидан фойдаланиш имконини берганлиги сабабли катта аниқликка эга бўлиб, ёқилғи харажатларини минимал даражагача камайтиради. Бундан ташқари, генетик алгоритмнинг характерли хусусияти станцияларнинг умумлаштирилган энергетик характеристикаларини тўғридан-тўғри уларни дастурлаштиришга қўшиб, уларни тузатишсиз ишлатишга имкон беради. Бу аниқликнинг ошишига ва шунга мос равишда оптималлаштириш самарасини таъминлайди.

Адабиёт

1. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/ Под общ. ред. Ю.Н. Руденко и В.А. Семенова. – М.: Изд-во МЭИ, 2000.
2. Yamin, H.Y.: Review on methods of generation scheduling in electric power systems. Electric Power Syst. Res. 69(2-3), 227-248 (2004).

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

3. Фазылов Х.Ф., Насиров Т.Х., Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 1999.
4. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: Фан ва технология, 2014.
5. Алябышева Т.М., Моржин Ю.И., Протопопова Т.Н., Цветков Е.В. О методах оптимизации режимов энергосистем и энергообъединений// Электрические станции. – Москва, 2005. – №1. – С. 44-49.
6. Tulkin Gayibov, Behzod Pulatov: Optimization of Short-term Modes of Hydrothermal Power System. E3S Web of Conference 209, 07014 (2020). ENERGY-21.
7. T. M. Mohan, T. Nireekshana: A Genetic Algorithm for Solving Optimal Power Flow Problem. In: 2019 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), pp.1438-1440. Coimbatore, India. (2019), doi: 10.1109/ICECA.2019.8822090.
8. Tulkin Gayibov, Behzod Pulatov. Taking into account the constraints in power system mode optimization by genetic algorithm. E3S Web of Conferences 264, 04045 (2021). CONMECHYDRO-2021.

*Тошкент давлат техника университети
томонидан тақдим этилган*

УДК 691.316

**IR (INFRAQIZIL) SENSORIDAN FOYDALANIB HARAKATLANUVCHI
OB'EKTLARNI BOSHARISH IMKONIYATINI YARATISH****M.M. Tulyaganov, Sh.M. Atajiyev**

Infraqizil (IR) LEDlar shaffof komponentlar bo'lib, inson ko'zi ko'ra oladigan to'lqin uzunligidan uzoqroq yorug'lik chiqaradi. Infraqizil diodlar elektr signallarini infraqizil nurga aylantirish orqali ishlaydi va sensorlar infraqizil nurni elektr signallariga aylantiradi. Diyotlar turli funktsiyalar uchun infraqizil spektrning turli darajalarida chiqarish imkonini beruvchi elektr xususiyatlariga ega. Ushbu maqolada tasvirlangan infraqizil LEDlarning ushbu xususiyatlaridan foydalangan holda ishlab chiqilgan harakat mikrokontrollerlari uchun dasturlar harakatlanuvchi ob'ektlardan qochish yoki to'siqlargacha bo'lgan masofani aniqlashga yordam beradi.

***Kalit so'zlar:** infraqizil sensor, LED, elektr signali, mikrokontroller, sensor, analog signal va Arduino UNO.*

Светодиоды инфракрасного (ИК) диапазона представляют собой полупрозрачные компоненты, которые излучают свет с длиной волны большей, чем видит человеческий глаз. ИК-диоды работают путем преобразования электрических сигналов в инфракрасный свет, а в качестве датчиков преобразуют инфракрасный свет обратно в электрические сигналы. Диоды обладают электрическими свойствами, которые позволяют им излучать на разных уровнях инфракрасного спектра для различных функций. Программы, для микроконтроллеров управления движением, разработанные с использованием этих свойств инфракрасных светодиодов, описанных в этой статье, могут помочь избегать движущихся объектов или определять расстояние до препятствий.

***Ключевые слова:** инфракрасный датчик, светодиод, электрический сигнал, микроконтроллер, датчик, аналоговый сигнал и сигнализатор, Arduino UNO.*

Infrared (IR) LEDs are translucent components that emit light at a wavelength longer than the human eye can see. IR diodes work by converting electrical signals into infrared light, and as sensors convert infrared light back into electrical signals. Diodes have electrical properties that allow them to emit at different levels of the infrared spectrum for different functions. Programs for motion microcontrollers developed using these properties of infrared LEDs, described in this article, can help you avoid moving objects or determine the distance to obstacles.

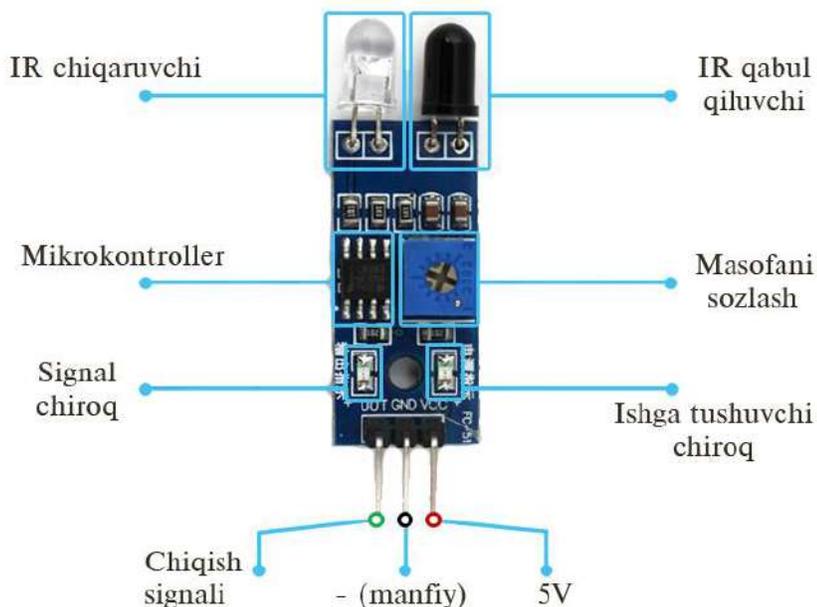
***Key words:** infrared sensor, LED, electrical signal, microcontroller, sensor, analog signal and alarm, Arduino UNO.*

Kirish. Infraqizil sensori - bu infraqizil nurlanishni [1, 7, 8] chiqarish va qabul qilish orqali atrof-muhit haqidagi ma'lum ma'lumotlarni o'qish uchun mo'ljallangan elektr

qurilma. Agar o'xshashlik beradigan bo'lsak, bu turdagi sensorlar ishlash printsipti bo'yicha odam tomonidan turli to'siqlarni vizual idrok etishga o'xshaydi. Ushbu elektr qurilmalar yordamida turli nishonlarning harakatini, ularning issiqligini tanib olish mumkin.

Infraqizil sensorning asosiy qismlari emitent va qabul qiluvchidir. Signalni qabul qilish fotodiod orqali, uning emissiyasi - LED orqali amalga oshiriladi. Fotodiodning o'zi IR LEDdan keladigan infraqizil nurga yuqori sezuvchanlikka ega. Emitent va qabul qiluvchi o'rtasida biron bir ob'ekt paydo bo'lsa, ulanish uziladi va tegishli signal qabul qilinadi.

IR (infraqizil) nurli sensor - bu atrofdagi ba'zi jihatlarni sezish uchun, masalan ob'ektning harakatini aniqlash uchun ishlatiladi. Bu passiv sensor bo'lgani uchun u faqat infraqizil nurlanishni o'lchaydi. Ushbu sensor juda keng tarqalgan bo'lib to'siqlardan qochish yoki masofani aniqlashga asoslangan loyihalarni bajarishga mo'ljallangan [2-6]. Infraqizil nurli sensorini ko'rinishi quyidagicha (1-rasm).



1-rasm. IR (infraqizil) sensorining tuzilishi

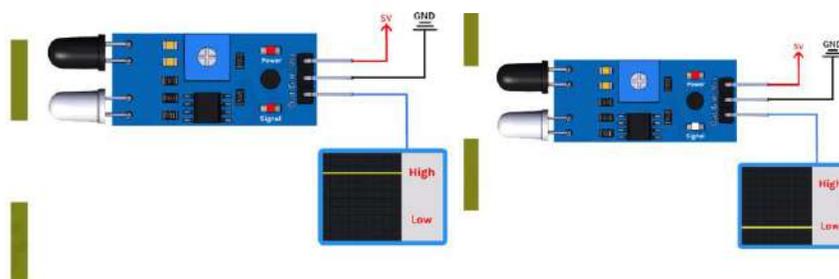
IR (infraqizil) nurli sensorini bog'laydigan 3 pinli ulagichga ega [4]:

VCC Arduinodagi 5V piniga ulanadigan IR sensori uchun quvvat manbaidir.

OUT pin - 5V TTL mantiqiy chiqishi. LOW hech qanday harakat aniqlanmaganligini bildiradi; HIGH harakat aniqlanganligini bildiradi.

GND Arduinoning manfiy piniga ulanishi kerak.

IR modulining ishi juda oddiy, u ikkita asosiy komponentdan iborat: birinchisi IR uzatuvchi qismi, ikkinchisi esa IR qabul qiluvchi qismi. Transmitter bo'limida IR led ishlatiladi va qabul qiluvchi qismida infraqizil signalni qabul qilish uchun fotodiod ishlatiladi va ba'zi signallarni qayta ishlashdan so'ng natija olinadi.

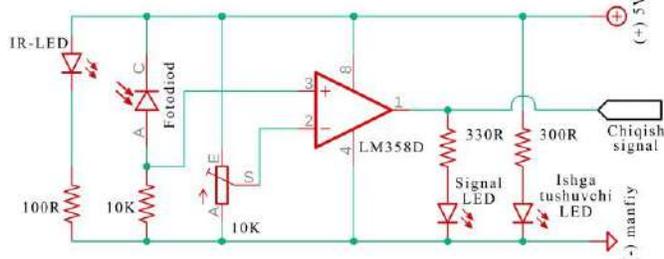


a) b)
2-rasm. a - harakat aniqlandi, b – harakat aniqlanmadi

IR sensori infraqizil yorug'lik chiqaradigan diodga kuchlanish yuborish orqali ishlaydi, bu esa o'z navbatida infraqizil nurni chiqaradi (2-rasm). Bu yorug'lik havoda tarqaladi va ob'ektga tegadi, shundan so'ng yorug'lik fotodiod sensorida aks etadi. Agar ob'ekt yaqin bo'lsa, aks ettirilgan yorug'lik kuchliroq bo'ladi, agar ob'ekt uzoqda bo'lsa, aks ettirilgan yorug'lik zaifroq bo'ladi. Sensor faollashganda, u chiqish piniga mos keladigan past signalni yuboradi, bu ma'lum bir vazifani bajarish uchun Arduino yoki har qanday mikrokontroller [5] tomonidan boshqarilishi mumkin.

IR harakat sensori Arduino loyihalarining aksariyati [6-8] uchun ushbu sensor harakatlanuvchi ob'ektlarida masofani aniqlash yoki to'siqlardan qochish uchun ishlatiladi. Ushbu sensorning qulayligi kam quvvat iste'mol qiladi, arzon narxlarda sotiladi, mustahkam va sezgirlikni sozlash mumkin bo'lgan keng diapazoniga ega.

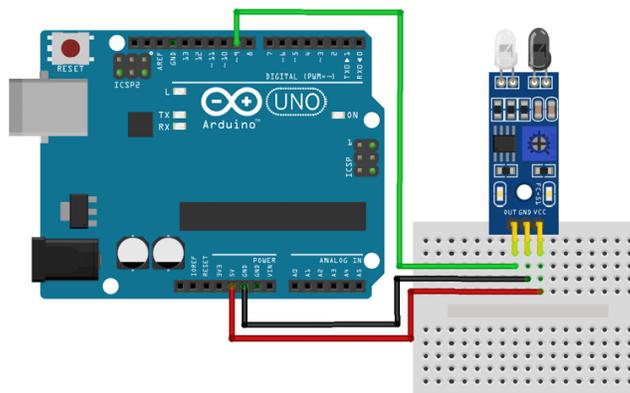
IR harakat sensorining sxematik ko'rinishi quyida ko'rsatilgan. Sxemaning o'zi juda oddiy va uni qurish uchun bir nechta umumiy komponentlar kerak (3-rasm).



3-rasm. IR sensorining sxematik ko'rinishi

Sxemada IR chiqaruvchi sifatida IR LED va qabul qiluvchi sifatida fotodiod mavjud. Agar ob'ekt sensorning oldida bo'lsa, ob'ektdan aks ettirilgan yorug'lik fotodiod tomonidan qabul qilinadi va intensivlikka qarab ob'ekt qanchalik uzoq yoki qanchalik yaqin ekanligini aniqlashimiz mumkin. Bundan tashqari, IR Sensor modulining sezgirlikni yoki ushbu modul uchun sezish masofasini sozlash uchun ishlatiladigan potansiyometr mavjud.

IR sensori ishlashi uchun quyida ko'rsatilganidek, barcha kerakli simlarni Arduino ga ulashimiz kerak (4-rasm).



4-rasm. IR sensorini Arduinoga ulash

IR sensorini har qanday mikrokontrollerga ulash juda oddiy. Ma'lumki, bu sensor raqamli signalni chiqaradi va bu signalni qayta ishlash imkoniyati bor. Buning uchun har doim portni cheksiz tsiklda tekshirish mumkin va port o'z holatini yuqoridan pastga o'zgartirganda ko'rish mumkin.

Arduino IR sensori moduli kodi juda oddiy va tushunarli. D9 piniga kirish signali yuqori (HIGH) yoki past (LOW) ekanligini kuzatib boramiz. Ikkita global o'zgaruvchini e'lon qilish orqali kodimizni ishga tushiramiz: birinchisi IQ sensori ulangan pin qiymatini, ikkinchisi esa LED ulangan qiymatni:

```
int IRSensor = 9;
int LED = 13.
```

O'rnatish funksiyasida seriyani 115200 bod bilan ishga tushiramiz. So'ngra, biz ketma-ket monitor oynasi to'g'ri ishlayaptimi yoki yo'qligini tekshirish uchun monitor portga chop etamiz va keyin IR sensor pinini kirish sifatida va LED pinini chiqish sifatida ishga tushiramiz:

```
void setup
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Serial Working");
  pinMode(IRSensor, INPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT).
```

Cheksiz tsiklda birinchi navbatda digitalRead() funksiyasi bilan sensor pinini o'qib va qiymatni sensorStatus o'zgaruvchisiga saqlaymiz. Keyin sensorning chiqishi yuqori yoki past signal ekanligini tekshiriladi. Hech qanday harakat aniqlanmasa yoki harakat aniqlansa, bu holatni ketma-ket monitor oynasida ham chop etamiz:

```
void loop
  int sensorStatus = digitalRead(IRSensor);
  if (sensorStatus == 1)
    {digitalWrite(LED, LOW);
    Serial.println("Harakat aniqlandi!");
  else
```

```
digitalWrite(LED, HIGH);  
Serial.println("Harakat aniqlanmadi!");  
Infraqizil sensorlari juda ko'p afzalliklarga ega:  
-shovqinlardan qo'shimcha himoya mavjudligi;  
-ish jarayonining yuqori ishonchliligi;  
-kam quvvat iste'moli;  
-zangga qarshilik;  
-yorug'lik yoqilganda yoki o'chirilganda samarali harakatni aniqlash;  
-termojuftlar bilan solishtirganda - tezkor javob;  
-aniqlash ob'ektlari bilan bevosita aloqa qilishning hojati yo'qligi.
```

Xulosa. IR (infraqizil) sensori xususiyatlaridan foydalanib turli loyihalarni amalga oshirish mumkin. Ushbu maqolada ishlab chiqilgan, yuqorida keltirilgan dasturlar harakatlanuvchi ob'ektlarni to'siqlardan qochish yoki masofani aniqlashga yordam beradi. Bu esa o'z navbatida mobil elektr yurimalarini inson omilisiz mikroprosesser yoki mikrokontroller yordamida boshqarish imkoniyatini yaratadi.

Adabiyot

1. Инфракрасное излучение и его применение. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/2225-infrakrasnoe-izluchenie-i-ego-primenenie.html>.
2. Инфракрасные датчики (ИК). [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://spectrnsk.ru/news/types-of-motion-sensors>.
3. Дж.Фрайден. Современные датчики. Справочник - Москва: Техносфера, 2005. - 592 с. ISBN 5-94836-050-4.
4. John Boxall. Arduino Workshop. San Francisco, 2013. стр. 285. (<http://www.tronixstuff.com/>).
5. Сукачев, Д.В. Инфракрасные датчики движения и присутствия – реальный способ экономии. Информационный бюллетень «Энергосовет», Выпуск №1 (6), январь 2010, -С.18-21.
6. <https://create.arduino.cc/projecthub/electropeak/use-an-ir-remote-transmitter-and-receiver-with-arduino-1e6bc8>.
7. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург. 2014. — 400 с.: ил. — (Электроника). ISBN 978-5-9775-3337-9., -С.254.
8. <https://arduinomaster.ru>.

*Toshkent davlat texnika universiteti
tomonidan taqdim etilgan*

УДК 679.7

**ТОКОПРОВОДЯЩАЯ ЖИЛА КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ
НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ
СИСТЕМ**

В.П. Иванова, В.В. Цыпкина, У.А. Мамадалиева, Г.К. Кучкарова

Мақолада темир йўл транспорти тизимларида қўлланиладиган кабел ва сим маҳсулотларини ишлаб чиқариши технологиясини ишлаб чиқиши ҳақида гап боради. Тадқиқот объекти сифатида композит материаллар асосида тайёрланган кабел маҳсулоти учун ўтказувчан ядро олинди. Кейинчалик чизиш учун кабел маҳсулотлари учун композит бланкалар ва симларни ишлаб чиқариши технологияси, шунингдек уларни ишлаб чиқариши усуллари батафсил ёритилган. Темир йўл транспорти, электр узатиши тизимларида фойдаланиши муаммоларига алоҳида эътибор қаратилгани тадқиқотнинг долзарблигини тасдиқлайди. Тайёр маҳсулот таннархининг ошиши технологиянинг бузилиши билан боғлиқ бўлиб, бу композит узун узунликдаги ишлов бериладиган қисм қатламларининг структуравий хилма-хиллиги билан боғлиқ бўлиб, бутун бўйлаб унинг пластик хусусиятларининг барқарорлигини сақлаш зарурлигини белгилайди. узунлиги. Технологик чизма жараёнининг умумлаштирилган математик модели асосида ва маълумотнома маълумотлари асосида чизиладиган композит иш қисмининг қатламлари учун технологик чизмаларнинг ҳисобланган параметрлари олинди. Амалга оширилган илмий-тадқиқот ишлари натижалари чизма машинасининг технологик иш режимларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиши ва технологик асбоб-ускуналарнинг ишлаши учун оптимал технологик параметрларни аниқлаш имконини берди.

Калит сўзлар: *электрлаштирилган темир йўл транспорти, электр ўтказгичли ядро, композит материаллар, кабел ва сим маҳсулотлари, чизма, чизма машинаси.*

В статье рассматриваются вопросы отработки технологии изготовления кабельно-проводниковой продукции, которая используется в транспортных железнодорожных системах. В качестве объекта исследования принята токопроводящая жила для кабельного изделия, выполненная на основе композитных материалов. Подробно освещена технология производства композитных заготовок и проволок кабельной продукции для последующего волочения, а также способы их получения. Особо уделено внимание проблемам эксплуатации в железнодорожном транспорте, системах электропередачи, чем подтверждена актуальность проведенных исследований. Рост стоимости готового изделия обусловлен нарушением технологи, который связан со структурным разнообразием слоев композитной длиномерной заготовки, определяющей необходимость поддержания постоянства ее пластических свойств по всей длине. Посредством обобщенной

математической модели технологического процесса волочения и на основании справочных данных были получены расчетные параметры технологических вытяжек по слоям композитной заготовки, которая подлежит волочению. Результаты проведенной исследовательской работы позволили разработать методику расчета технологических режимов работы волочильной машины и определить оптимальные технологические параметры работы технологического оборудования.

Ключевые слова: электрофицированный железнодорожный транспорт, токопроводящая жила, композитные материалы, кабельно-проводниковая продукция, волочение, волочильная машина.

The article deals with the development of technology for the manufacture of cable and wire products, which is used in railway transport systems. As an object of study, a conductive core for a cable product made on the basis of composite materials was taken. The technology for the production of composite blanks and wires for cable products for subsequent drawing, as well as methods for their production, is covered in detail. Particular attention is paid to the problems of operation in railway transport, power transmission systems, which confirms the relevance of the research. The increase in the cost of the finished product is due to a violation of the technology, which is associated with the structural diversity of the layers of the composite long-length workpiece, determines the need to maintain the constancy of its plastic properties along the entire length. Based on the generalized mathematical model of the technological drawing process and on the basis of reference data, the calculated parameters of technological drawings for the layers of the composite workpiece to be drawn were obtained. The results of the research work carried out made it possible to develop a methodology for calculating the technological modes of operation of a drawing machine and to determine the optimal technological parameters for the operation of technological equipment.

Key words: electrified railway transport, conductive core, composite materials, cable and wire products, drawing, drawing machine.

Введение. Работа современных транспортных железнодорожных систем неразрывно связана с использованием кабельно-проводниковой продукции. Одной из основных задач, которая возникает при эксплуатации железного транспорта, является электромагнитная совместимость [1], определяемая надежностью работы электротехнического оборудования, установленного на тяговом электротранспорте (приборы, устройства, аппараты) в электромагнитной среде, и создание условий для недопустимости их влияния.

Степень воздействия линии электропередачи на смежные сети определяется уровнем напряжения кабельной линии и протекающими по ней токами, а также степенью симметричности. Поэтому вопросы выявления закономерностей мешающих взаимодействию совместно работающих технических средств помогут определить источники электромагнитных излучений как влияющих на систему, так и подверженных их влиянию.

Железнодорожный транспорт на электрической тяге, тяговая сеть имеют в своем составе кабельно-проводниковую продукцию, а кабельные линии и линии электропередачи вообще состоят из нее на 100%. Поэтому изучение вопроса по улучшению свойств токоведущей части кабельных изделий, находящихся в рассматриваемых системах: электрический подвижной состав; контактные и рельсовые провода, является актуальным и позволит сформировать рекомендации для достижения поставленной цели – выявлению закономерностей совместимости.

Исследование качества кабельных линий в железнодорожном транспорте занимались в Крюков А.В. и Любченко И.А [2], А. М. Козина и Д.И. Селиверов [3], Тихонова М.Ю., Кияткина М.П., Аллаев К.Р. [4], Халиков А.А., Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. [5]. Однако ими не рассматривались пути улучшения качества токоведущей жилы.

Решение поставленной задачи может быть найдено в использовании в железнодорожного транспорта на электрической тяге композитных материалов (композиты), которые применяются в виде длинномерных электропроводников для производства кабельно-проводниковой продукции (КПП). Кабельные изделия для данных систем могут быть выполнены на основе меди, алюминия и стали. Основным достоинством КПП является разработка конструкций токоведущих частей с заранее заданными свойствами [6]:

- высокие показатели по эффективности производства, конструктивной массе и технологичности;
- возможность получения материалов с качественно новыми свойствами, которые не только повышают эксплуатационные характеристики существующих конструкций, но и позволяют создавать принципиально новые типы, недоступные при применении традиционных материалов.

Технологический процесс изготовления токопроводящей жилы (ТПЖ) для кабельного изделия, имеющего особые требования по электромагнитной совместимости, является очень сложным. Это объясняется тем, что компоненты, входящие в состав композитного материала, из которого будет изготовлена ТПЖ, должны быть взаимосовместимыми, т.е. не должны взаимодействовать между собой (не растворяться или иным способом поглощать друг друга). Все эти параметры влияют на качество ТПЖ, выполненной на основе композитов, определяя технологические и эксплуатационные свойства, которые зависят от свойств компонентов входящих в ее состав материала, и уровня их взаимодействия [7]. В состав композитных проволок, из которых изготавливают ТПЖ, также должен входить наполнитель, количественный состав и вид которого определяет ее разнообразные физико-механические характеристики [8]. На основании вышеизложенного, можно сформулировать следующую постановку задачи: компонентный состав композитной ТПЖ для должен обладать взаимодополняющими свойствами, что позволяет достичь высоких характеристик по прочности и вязкости разрушения в сочетании с не менее высокими электропроводящими свойствами.

Методы. На сегодняшний день при различных методах производства композиционных материалов, часто встречаемыми являются порошковая металлургия; спекание в вакуумной печи или в среде водорода (для тугоплавких соединений, имеющие высокие механические свойства). В случае, когда в структуру ТПЖ вводят упрочняющий неметаллический элемент, то используют воздействие электрического тока, что ускоряет процесс спекания и в конечном счете, получается кабельное изделие, имеющее высокие механические свойства и сниженную стоимость. Электроимпульсный и электроконтактный способ спекания позволяет совместить два достоинства ТПЖ: уникальное сочетание материалов и установленные условиями эксплуатации физико-механические свойства КПП [8, 9, 10, 11]. Также композитные ТПЖ могут быть изготовлены методом формования изделий, состоящий из открытого (контактное формование, напыление, намотка, центробежное формование) и закрытого (прессование, инъекционное формование, а также протяжка, волочение) способов [10, 11]. Осесимметричная слоистая композиционная проволока (би- и триметаллические электропроводники) отволачиваются и считается наиболее эффективной технологией изготовления ТПЖ [11].

Современные ученые Аркулиса Г.Э., Белов М.И., Бояршинов М.И., Белалов Х.М., Залазинский А.Г., Ейльман Л.С. и др. глубоко исследовали вопросы протекания процесса деформации кабельных заготовок на основе композиционных материалов технологией волочения [11].

Перечисленные требования к эксплуатационным характеристикам КПП, применяемой в электрофицированном железнодорожном транспорте и тяговых системах определили и новые условия для технологического процесса производства композитной ТПЖ, а именно использование современного технологического кабельного оборудования [12, 13]. Сложность технологии изготовления ТПЖ, структурированной из слоистых электропроводников, обуславливается необходимостью производства строительной длины, равной 1 км и жестким контролем требований по технологии с обеспечением конструктивных ограничений: сплошность покрытия сердечника и постоянство диаметра проволоки [11].

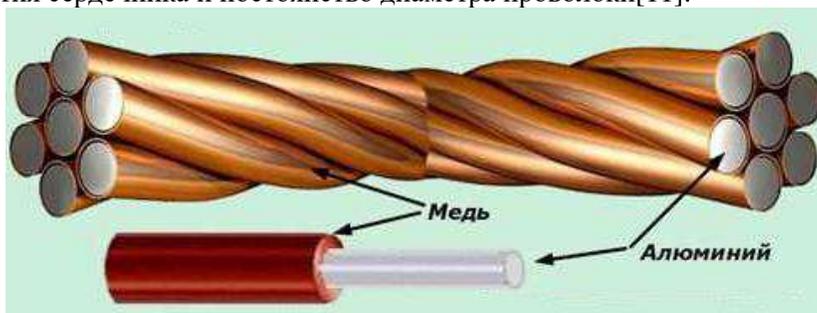


Рис. 1. Провода композитные из алюмомеди

В качестве примера рассмотрим композитную проволоку из алюминия покрытую медью имеющую хрупкую межметаллическую фазу между алюминиевым

сердечником и медным покрытием (рис.1). В результате многоходового волочения кабельной заготовки получаем проволоки с выходным диаметром ($d_{вых} = 0,1 \div 0,7$ мм), монтажной длиной - единый отрезок - ($l_{cmp} = 3 \div 30$ км). При этом основной конструктивный параметр – строгая геометрия многжильного композита, должен соответствовать отсутствию пержимов, обрывов, инородных включений, высокой однородности проводящих волокон. В этой связи технологический процесс производства готового кабельного изделия (волочение композитной проволоки) является самым продолжительным из всех существующих технологий.

Также многоходовое волочение имеет возможность обеспечить деформирование заготовки без обрывов, в результате чего композитная длиномерная заготовка с структурным разнообразием слоев позволяет сохранять у отволоченной проволоки пластичность по всей строитеной длине, обеспечивая при этом безобрывность. Этот показатель особенно важен при тонком волочении, имеющим высокую стоимость заготовки.

В этой связи, актуальность поставленной производственной задачей значительно возрастает, т.к. появляется возможность организовать и технологически отладить производство длиномерных композиционных изделий, отвечающих высоким эксплуатационным требованиям - отсутствие деффектности по всей длине. Это можно достичь путемвнедрения мероприятий по отработке технологических режимов и усовершенствованиютехнологического оборудования[11, 12], разработке новых методик по пересчету маршрута волочения[13, 14].

Наиболее отработаной с точки зрения технологии является способ производства би- и триметаллические электропроводники круглого сечения, структура которых представляет собой сердечник и одну или две оболочки (рис. 2)[11].

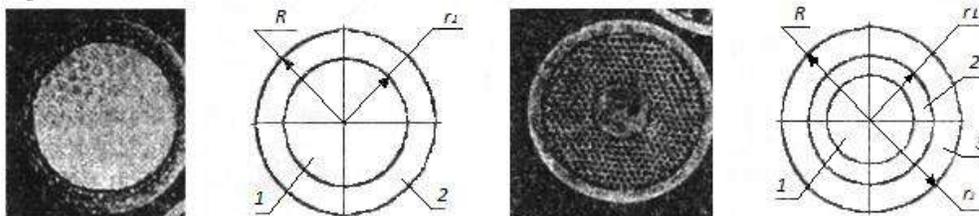


Рис. 2. Сечение композиционной заготовки для волочения проволоки:
1 - сердечник; 2,3 - оболочка

Рассматриваемая технология волочения позволяет изготовить ТПЖ с критическим значением напряженности магнитного поля, температурой и плотностью тока (j_c), определяемые процентным составом и структурными параметрами металлов или сплава входящих в ее состав [7, 8, 9].



Рис. 3. Конструкция голого неизолированного провода выполненного на основе композиционных материалов

Рассмотрим возможные исполнения композита, используемого для кабельной заготовки (рис. 3). Би- или триметалл, имеющий промежуточный слой или сердечник, выполненный на композитной основе, состоящие из сверхпроводящих волокон (сплав $NbTi$ или соединения Nb ($\sim 10^1-10^4 \mu m$), которые находятся матрицах (медная или высококоловянистая бронза) [9, 10].

Результаты и обсуждение. Качественные параметры гетерогенной системы (композиционный материал, имеющий, не смешиваемые между собой компоненты) обеспечивают для электрифицированного железнодорожного транспорта и тяговой сети требуемый набор свойств ТПЖ. При этом номенклатурный ряд композитных проволок, имеет различные эксплуатационные и технических параметры, изготавливаются в разных технологических условиях и на разных кабельных машинах (КМ), выбор которых определяется технологическими возможностями кабельного предприятия, а также разнообразием химического состава.

Отволооченная проволока, является основой при изготовлении токопроводящей части кабеля. Соответственно, отработанная технологическая операция - волочение, позволит получить готовое изделие с высокими эксплуатационными характеристиками и низкую себестоимость продукции, за счет сокращения производственных отходов, а именно: обрывов и технологического брака [10, 11].

Анализ существующих технологий позволил определить два пути решения поставленной задачи:

- практический - увеличение стойкости чистой (алмазной) фильеры волочильного технологического инструмента [12, 13, 14, 15, 16],
- математический – усовершенствование технологии волочения (разработка математической модели волочения композиционной заготовки и методики расчета минимальных и максимальных величин разовой деформации, определяемой неравномерностью деформации композитной заготовки (разнородный состав) [11].

Особенностями заготовки для композитной ТПЖ является слоистость по структуре и состав (отличающиеся физико-механические характеристики) [19], а это значит, что элементный состав рассматриваемого материала имеет отличные друг от друга коэффициенты вытяжки, а также силу и скорость волочения (рис. 4).

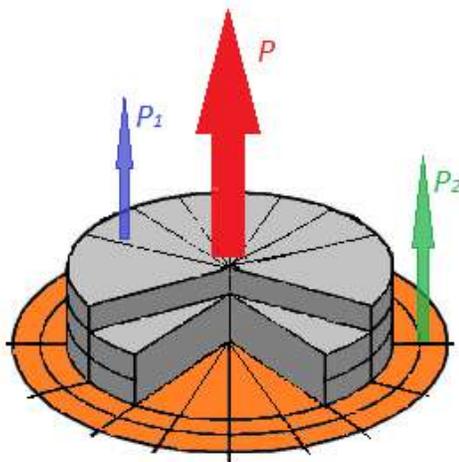


Рис.4. Модель распределения сил волочения по слоям композит проволоки, где P – сила волочения; P_1 – сила волочения, действующая на сердечник; P_2 – сила волочения, действующая на оболочку

Базовая модель распределения сил волочения по слоям композит проволоки (рис. 4) разработана на основании обобщённой математической модели для волочильной машины [11]:

$$P = P_1 + P_2. \quad (1)$$

Разнородность химического состав исходной заготовки определяет разные значения вытяжки проволоки, за счет степени деформации слоев. При этом критическим местом в отволоченной проволоке является переход слоев (состав материала), который возникает из-за наличия в данной области начальной стадии втяжки и как следствия значительного уплотнения структуры материала, возникающей за счет межслойного трения при приложении силы волочения образованной между внутренними слоями структуры материала. Поперечное сечение заготовки считается опасным сечением, если на плоскость действует сила волочения (1).

Обобщенная математическая модель (2) позволяет моделировать технологию волочения проволоки на основе композитного материала и рассчитать режимы работы прямоточного волочильного стана. При этом определена оптимальная кратность процесса волочения с обеспечением энергоэффективности технологии в целом для композитной заготовки [11, 12].

$$\begin{aligned}
 M_{\text{дин}_n}(p) &= M_{\text{дв}_n}(p) - P_n(p) \frac{R_{\delta_n}^{\text{EX}}}{j_{\text{ред}_n}} + Q_{(n-1)}(p) \frac{R_{\delta_n}^{\text{ВЫХ}}}{j_{\text{ред}_n}} - M_{\text{хх}_n}(p); \\
 \omega_{\text{дв}_n}(p) &= M_{\text{дин}_n}(p) \frac{1}{J_{\Sigma n} p}; \\
 v_{\delta_n}^{\text{EX}}(p) &= \omega_{\text{дв}_n}(p) \frac{R_{\delta_n}^{\text{EX}}}{j_{\text{ред}_n}}; \\
 v_{\delta_n}^{\text{ВЫХ}}(p) &= \omega_{\text{дв}_n}(p) \frac{R_{\delta_n}^{\text{ВЫХ}}}{j_{\text{ред}_n}}; \\
 P_i(p) &= (v_{\delta_n}^{\text{EX}} - v_{\text{В}_n}^{\text{ВЫХ}}) \frac{EF_n}{L p n p}; \\
 v_{\text{В}_n}^{\text{ВЫХ}} &= v_{\text{В}_n}^{\text{ВЫХ}} \mu; \\
 v_{\text{В}_n}^{\text{EX}} &= Q_i(p) \frac{L Q_n p}{EF_{(n-1)}} + v_{\delta_{(n-1)}}^{\text{ВЫХ}}; \\
 Q_n(p) &= P_n(p) - N_n(p)
 \end{aligned} \tag{2}$$

Результаты моделирования процесса волочения представлены на рис.5, позволили получить оптимальные значения технологических вытяжек [11].

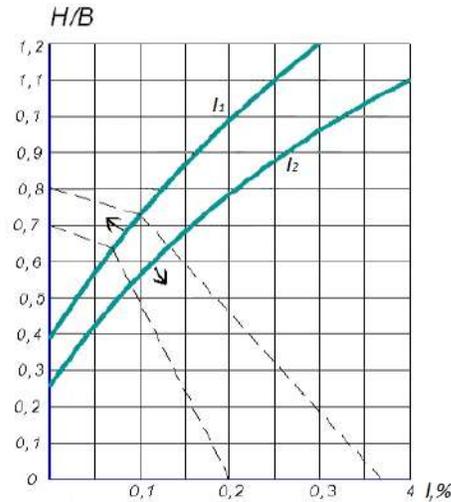


Рис. 5. Параметры технологических вытяжек для композитной заготовки, где I_1 – сердечник; I_2 – оболочка

Заключение. Изучение вопросов электромагнитной совместимости являются актуальными для железнодорожного транспорта на электрической тяге. В этой связи усовершенствование конструкции ТПЖ позволит улучшить качественные показатели работы всей тяговой электрической системы целом. Это достигается путем внедрения ТПЖ, выполненной на основе композиционных материалов. Решение поставленной задачи невозможно без усовершенствования технологии волочения. При этом следует учитывать, что технологические процессы волочения проволок,

выполненных на основе традиционных материалов и композитных материалов, требует постоянной отработки и усовершенствования технологии изготовления, т.к. он существенно отличается от производства стандартных кабелей и проводов. Также эффективность технологии волочения зависит от особенностей структуры композитной проволоки. Проведенная исследовательская работа и соответствующие расчеты, по средствам обобщенной математической модели процесса волочения, позволили получить данные по уточненным технологическим характеристикам. Применение результатов научно-исследовательской работы даст возможность уменьшить процент отхода связанный с обрывом и выбраковкой дорогостоящей продукции, что позволит отработать технологический режим и правильно рассчитать маршрут волочения.

В результате проведенной научно-исследовательской работы разработана методика, с помощью которой можно осуществить расчет технологических режимов работы волочильной машины и определить оптимальные технологические параметры работы технологического оборудования. Эксплуатация кабельной продукции, конструкция которой содержит композитную токоведущую часть — это прогрессивное направление, не только для железнодорожного транспорта, но и в целом для народного хозяйства. Однако рециклинг отходов и демонтированного кабеля, который подлежит замене, как вышедший из строя не решен и требует новых технологических решений и исследований в этом направлении.

Литература

1. Осипов В.А., Соловьев Г.Е., Гороховский Е.В., Капкаев А.А. Проблемы электротермической деградации волоконно-оптических линий связи и перспективные направления их решения // Инженерный вестник Дона, 2013 №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1539.
2. Крюков А.В., Любченко И.А. Улучшение качества электроэнергии в системах электроснабжения стационарных объектов железнодорожного транспорта // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. №6.
3. Козина, А.М. Современные методы восстановления кабельных линий железнодорожной автоматики и телемеханики / А. М. Козина, Д. И. Селиверов. — Текст : непосредственный // Технические науки: теория и практика : материалы I Междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). — Чита : Издательство Молодой ученый, 2012. — С. 67-70.
4. Аллаев К.Р. Проблемы электроэнергетики и экологии // Проблемы энерго- и ресурсосбережения 2016, №3-4 С. 11-20.
5. Халиков А.А., И.К. Колесников, Курбанов Ж.Ф. Исследование и разработка единого пространственного электромагнитного поля и устройств на их основе (монография)// *Fanvatechnologiya*. 2019й . – 238 с.
6. Кобасников Н 2000 Теория обработки металлов давлением. Сопротивление деформации и пластичность.-СПб.

7. Быков В. Особенности волочения осемитричных композиционных изделий с волокнистым сердечником их цветных металлов и сплавов Журнал Известия вузов. Цветная металлургия “Обработка металлов давлением”, № 1, 2014.
8. Рожкова ТПаульс В2019 Получение композиционных материалов на основе меди // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ. №2.
9. Паульс В, Филатов А 2018 Электродиффузионная термическая обработка бронзы БрОФ7-0.2 // Современные научно-практические решения в АПК: сборник статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции. - Тюмень: ГАУ Северного Зауралья
10. <http://ejournal.omgau.ru/images/issues/2019/2/00724.pdf>. - ISSN 2413-406/.
11. Получение заготовок и деталей из композиционных материалов. https://studme.org/36332/tovarovedenie/poluchenie_zagotovok_detaley_kompозitsionnyh_materialov.
12. Цыпкина В.В., Иванова В.П., Исамухамедов Д.Н., Ортикова М.Ж., Атамухамедова Р.Ф. Вопросы эффективности процесса производства токопроводящих жил на основе композиционных материалов для кабельно-проводниковой продукции // Universum: технические науки. 2021. №5-5 (86).
13. Цыпкина В.В., Иванов А.А. Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волочильных машин кабельного производства // Universum: технические науки. 2017. №4 (37).
14. Tsyapkina V, Ivanova V 2019 Modeling of a resource-saving method of drawing E3S Web of Conference 139 (2019) 10 1073 RSES 2019 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901073>.
15. Ivanova V, Tsyapkina V 2020 Improving the reliability of power supply to active consumers by improving the technology for manufacturing cable product E3S Web of Conferences 216, 01152 (2020) RSES 2020, DOI:10.1051/e3sconf/202021601152.
16. Madrakhimov D Ivanova V Tsyapkina V 2020 Improving the reliability of cable lines operation in hot climates E3S Web of Conferences 216, 01151 (2020) RSES 2020, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601151>.
17. Иванова В.П., Цыпкина В.В., Акбаров Ф.А., Носирова Д.А., Муминов Х.А. Влияние улучшения технологии изготовления токопроводящей жилы на эксплуатационные характеристики кабельно-проводниковой продукции // Universum: технические науки. 2020. №11-5 (80).
18. Лопарев В Образцов Ю. Об особенностях современных неизолированных проводов для воздушных линий электропередачи, // Журнал “Кабели и провода” 2014. №6 (9245).

*Предоставленно Ташкентским
государственным техническим университетом*

УДК 536.332:697.97

ЛУЧИСТО-ИСПАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЛЕТНЕМ ПЕРИОДЕ

Н.О. Усмонов, С.Р. Ахматова

Жаҳонда энергия самарадорлигини оширишда ҳавони мўътадиллаш тизимларига энергия сарфини минималлаштириши учун бўлган талаб, тадқиқотчилар олдида муҳим масала бўлиб келмоқда. Ҳавони мўътадиллашда янги анъанавий технологияларни яратиши бўйича олиб борилаётган ишлар билан бир қаторда компрессорсиз ишлайдиган тизимларда ҳам тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу мақолада тунги осмон нурланиши ёрдамида ҳавони мўътадиллаш тизимларидаги айланма сувни совитиши жараёни баён қилинган. Шу билан бирга, иссиқлик тарқатувчи панел конструкцияси ва математик модели келтирилган. Панел алюминий листдан тайёрланиб, унинг устки қисмига кўпикли этилен винил ацетатдан қоплама сифатида фойдаланилган. Панел сиртига сув форсунка орқали пуркалади, шунда сув нурланиши таъсирида буғланиб совийди. Панел намлангандан кейин, тунда нурли буғланма совитиши жараёнларини ўрганиши ишлари олиб борилди. Бундай ҳолда, ўлчайдиган сув тунда ушбу панелнинг юқори сиртида айланади. Симуляция натижалари шуни кўрсатадики, Ўзбекистоннинг ёзги кечасида мусаффо осмонга аниқ узун тўлқинли нурланиши умумий ҳажми 260 литр бўлган сақлаш идишидаги сувни паст ҳароратгача совутиши учун етарли. Математик моделлаштириши ва симуляция натижалари келажакдаги тадқиқотларда симуляция натижаларини тасдиқлаш учун тизимларни экспериментал прототип ўрнатишда ишлатилади.

Калит сўзлар: энергия самарадорлик, сув совитгич, конвектив иссиқлик алмашинуви, нурланиши, буғланиши тезлиги, шамол.

Мировой спрос на энергоэффективные системы кондиционирования воздуха с минимизацией энергопотребления по-прежнему является важной проблемой для исследователей. Наряду с текущими работами по созданию новых традиционных технологий в области кондиционирования воздуха также проводятся исследования бескомпрессорных систем. В этой статье описывается процесс охлаждения циркулирующей воды в системах кондиционирования воздуха с помощью излучения ночного неба. При этом приводится конструкция и математическая модель теплораспределительной панели. Панель была изготовлена из алюминиевого листа, а верхняя часть ее была использована в качестве покрытия из вспененного этиленвинилацетата. Вода распыляется на поверхность панели через форсунку и при испарении охлаждается под воздействием излучения. После увлажнения панели была проведена работа по изучению процессов охлаждения в ночное время. В этом случае измерительная вода циркулирует по верхней поверхности этой панели в ночное время. Результаты моделирования показывают, что чистой длинноволновой

радиации при ясном небе в Узбекистане летнюю ночь достаточно для охлаждения воды в резервуаре для хранения общим объемом 260 литров до низкой температуры. Результаты математического моделирования и имитации будут использоваться в будущих исследованиях при создании экспериментальных прототипов систем для проверки результатов моделирования.

Ключевые слова: энергоэффективность, водоохладитель, конвективный теплообмен, излучение, скорость испарения, ветер.

The global demand for energy efficient air conditioning systems to minimize energy consumption is still an important issue for researchers. Along with the ongoing work on the creation of new traditional technologies in the field of air conditioning, research is also being carried out on compressorless systems. This article describes the process of cooling circulating water in air conditioning systems using night sky radiation. At the same time, the design and mathematical model of the heat distribution panel are given. The panel was made of aluminum sheet and the top of it was used as an ethylene-vinyl acetate foam cover. Water is sprayed onto the surface of the panel through a nozzle and, as it evaporates, is cooled by radiation. After wetting the panel, work was carried out to study the cooling processes at night. In this case, the measuring water circulates over the top surface of this panel at night. Simulation results show that net long-wave radiation under clear skies in Uzbekistan on a summer night is sufficient to cool water in a storage tank with a total volume of 260 liters to a low temperature. The results of mathematical modeling and simulation will be used in future research to create experimental prototype systems to test the simulation results.

Key words: energy efficiency, water cooler, convective heat transfer, radiation, evaporation rate, wind.

Введение. Спрос на энергоэффективные системы кондиционирования воздуха для минимизации потребления энергии во всем мире был важным вопросом с момента изобретения активной системы кондиционирования воздуха. Параллельно с исследованиями по созданию новых традиционных технологий кондиционирования воздуха велись исследования по поиску бескомпрессорных систем.

Бескомпрессорные системы охлаждения с низким потреблением электроэнергии были внедрены в качестве альтернативы механическим пароконденсационным установкам, обеспечивая решение, которое снижает потребление энергии и экологические проблемы в зданиях. Абсорбционные и адсорбционные чиллеры, воздухоохладители с прямым и косвенным испарением и системы водяного пассивного охлаждения, в которых используется эффект излучения ночного неба, относятся к ряду доступных бескомпрессорных систем. Радиационное охлаждение – пассивный процесс охлаждения, основанный на явлении теплообмена между наземными объектами и небом посредством длинноволнового излучения, когда эффективная температура неба меньше температуры земли. Прозрачность земной атмосферы в инфракрасном диапазоне 8–13 мкм (атмосферное окно) позволяет части теплового излучения земли поглощаться космосом, особенно

ночью и ранним утром, когда солнечное коротковолновое излучение отсутствует. Это явление можно применить к охлаждающим поверхностям или жидкостям, которые, в свою очередь, можно использовать в системах кондиционирования воздуха.

Охлаждение с помощью явлений излучения ночного неба можно рассматривать как рекомендуемую технологию, способную стать пассивной альтернативой традиционной системе кондиционирования воздуха. Многие исследователи изучали различные приложения и системы, предложенные для охлаждения жидкостей посредством отвода тепла излучением в небо. Авторы [1÷3] представили самые известные в мире приложения системы излучения ночного неба с математическим моделированием системы воедоема на крыше.

Коммерческая система, известная как «WhiteCap», была представлена в США. Об этой системе сообщают авторы [4]. В системе WhiteCap используется охлаждение воды за счет излучения ночного неба, конвекции и испарения воды в открытом круговороте воды. Холодная вода хранится для использования в течение дня за счет непосредственной подачи на крышу (WhiteCap-R), фанкойлов (WhiteCap-T) или змеевиков, встроенных в плиту пола (WhiteCap-F). Система WhiteCap увеличивает потери тепла за счет испарения путем распыления воды над крышей на первом этапе, а капли воды испаряются по мере их движения от распылительного отверстия к поверхности крыши. Авторы [4, 5] сообщили о 47-процентном сокращении ежегодного использования традиционного охлаждения за счет использования системы охлаждения WhiteCap в офисном здании площадью 2500 квадратных метров в Лос-Анджелесе.

Низкая охлаждающая способность и высокая эффективность условий окружающей среды для работы системы (например, облачный покров и относительная влажность) считаются практическими ограничениями ночного охлаждения с применением радиационных технологий. Однако система может применяться в качестве дополнительной системы теплоотвода с другой системой HVAC [5, 6]. Примеры гибридных систем представили авторы [7÷10]. В обоих исследованиях изучалась возможная комбинация ночных систем радиационного охлаждения с обычными системами, в частности, с косвенным испарительным охлаждением в первом исследовании и прямым испарительным охлаждением во втором [11, 12].

В этой работе автор [12] представил вторую систему, представленную в предыдущей работе [11], с подробным математическим моделированием, чтобы исследователи могли использовать ее в качестве руководства по проектированию для будущей работы. Для достижения вышеуказанной цели было решено сконструировать панель, основанную на принципах системы WhiteCap. С помощью этой панели из записанных данных можно вывести отдельные эффекты охлаждения испарением и радиационного охлаждения ночного неба. В этой работе описаны конструкция и математическое моделирование системы (например, панель радиатора с распылителем). Исследуемая система показана на рис. 1.

Компоновка системы (рис. 1) состоит из панели радиатора с хорошо изолированной задней стороной, которая используется для имитации принципов работы системы, аналогичной системе WhiteCap. Вода распыляется на поток панели на измеренное расстояние, а затем возвращается в резервуар для хранения и снова перекачивается. Контакт воды с воздухом вызывает потерю массы за счет испарения; подпиточная вода в резервуаре является необходимостью. Температура подпиточной воды отличается от температуры воды в накопительном баке, и это учитывается при расчетах. Собираются данные о температуре воды в баке, на входе распылительной насадки, на входе в водоем и на выходе из водоема.

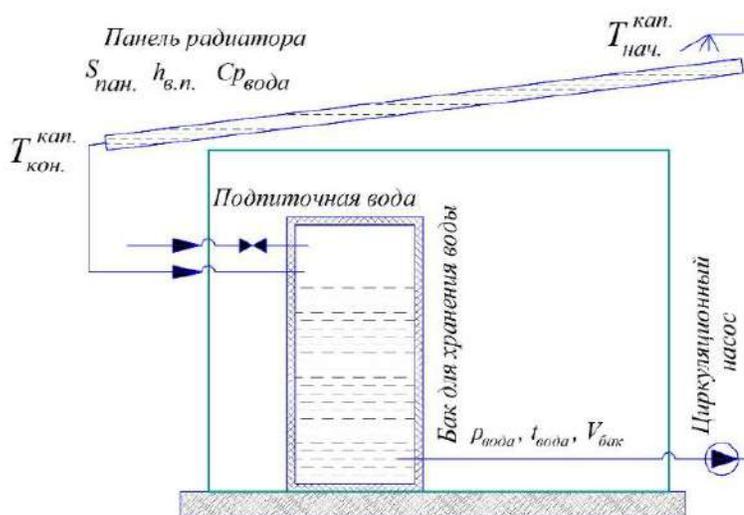


Рис. 1. Экспериментальная установка системы измерения радиационного охлаждения – панель радиатора с распылителем

В этой статье обсуждается теоретическая работа проекта путем представления математического моделирования и моделирования производительности с помощью программного пакета TRNSYS [5]. Результаты анализируются для оптимизации конструктивных параметров и анализа вклада трех явлений теплопередачи, которые возникают при различных применениях охлаждающей воды, с использованием эффекта излучения ночного неба. Мы также изучаем возможность производства охлажденной воды для охлаждения помещений. Результаты моделирования будут проанализированы и сравнены с экспериментальными результатами на более позднем этапе проекта.

Моделирование. Теплообмен между пластиной радиатора и небом происходит в диапазоне длин волн от 8 до 14 мкм, или так называемом атмосферном окне. Небо считается черным телом эквивалентной температуры $t_{\text{небо}}$ или эффективной температуры неба. В литературе [6] было введено множество уравнений для расчета $t_{\text{небо}}$ в зависимости от температуры окружающей среды, коэффициента облачности и коэффициента излучения ясного неба, который, в свою очередь, является функцией

температуры окружающей среды, относительной влажности воздуха и атмосферного давления. Авторы [6] ввели уравнение для расчета коэффициента излучения при ясном небе следующим образом:

$$\varepsilon_{\text{небо}} = 0,711 + 0,005 \cdot t_{dp} + 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot t_{dp}^2 + 0,013 \cdot \cos \left[2\pi \cdot \frac{\text{time}}{24} \right] + 12 \cdot 10^{-5} (P_{atm} - P_h); \quad (1)$$

где $t_{т.р.}$ – температура точки росы (°C), $P_{атм}$ – атмосферное давление (атм), P_h – атмосферное давление на высоте h (м) над уровнем моря, а переменная (время) – час дня. В программном пакете TRNSYS прибор Type 69 рассчитывает эффективную температуру неба $t_{\text{небо}}$ (°K) с использованием уравнения Мартина [6] следующим образом:

$$T_{\text{небо}} = T_{\text{о.с.}} \cdot [\varepsilon_{\text{небо}} + 0,8 \cdot (1 - \varepsilon_{\text{небо}}) \cdot C_{\text{обл.}}]^{0,25}, \quad (2)$$

где $C_{\text{обл.}}$ – коэффициент облачности неба (0-1), предоставляемый TRNSYS Type 69.

Тепловая панель для охлаждения воды излучением в ночное небо была разработана с использованием простых материалов, которые недороги и облегчают труд. Сборка состояла из алюминиевой пластины размерами 3000 мм в длину, 2000 мм в ширину и 2 мм в толщину. Размеры были выбраны в соответствии с размером пенопласта EVA, поставляемого непосредственно производителем. Пластины прикрепили к пенопластовому блоку EVA толщиной 30 мм с закрытыми порами, изготовленными из этиленвинилацетата и смешанных сополимеров. В системе водоснабжения открытого цикла вода распыляется над поверхностью крыши и стекает по низкой наклонной поверхности на расстояние L (м), прежде чем собирается и возвращается в резервуар. Процесс повторяется в течение ночи (рис. 1). Вода обменивается теплом с окружающим воздухом посредством испарения и конвекции, а с небом - излучением. Относительная температура воды в баке изменится к концу периода эксплуатации. Далее представлено моделирование каждого процесса.

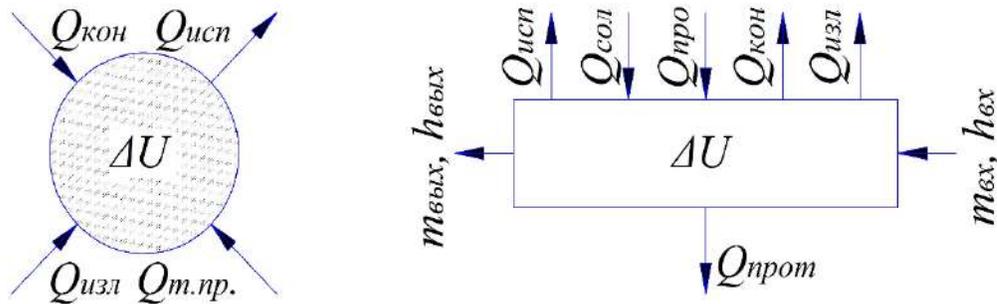


Рис. 2. Тепловой баланс капли воды (а) водоемов (б)

Моделирование капель воды. В этом разделе будет обсуждаться расчет конечной температуры капель воды распылителя и количества испаряемой массы. Моделирование энергетического баланса капель воды было представлено ранее авторами [3, 4, 7]. Большое количество капель воды, образованных насадкой, перемещаются по воздуху в водоем на поверхности панели, осуществляя тепло- и

массообмен с окружающим воздухом. Процесс квазистационарный, изменяющийся в зависимости от температуры окружающей среды. Энергетический баланс граничной системы водяных капель представлен на рис. 2-а.

Количество теплоты, накопленное в каплях за время Δt , равно:

$$\Delta U = Q_{\text{сумм}}. \quad (3)$$

Внутренняя энергия системы рассчитывается по формуле:

$$\Delta U = m_{\text{капл}} \cdot C_{p_{\text{вода}}} \cdot \frac{\Delta T_{\text{капл}}}{\Delta t}, \quad (4)$$

где $m_{\text{капл}}$ – масса капли (кг), $C_{p_{\text{вода}}}$ – удельная теплоемкость воды $\left(\frac{\text{Джоуль}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$, а ΔT_d – разница между конечной температурой капли $\Delta T_{\text{капл}2}$ и начальной температурой $\Delta T_{\text{капл}1}$ ($^\circ\text{K}$).

Теплопередача между каплями, окружающей средой и окружающим воздухом представляет собой сумму всех теплопереносов путем конвекции, излучения, испарения и конденсации. По существу, при испарении, конденсация в термодинамическом процессе участия не принимает, и величина теплопередачи конденсацией обнуляется. Суммарная теплопередача от системы с границей капли определяется выражением:

$$Q_{\text{сумм}} = Q_{\text{конв}} + Q_{\text{рад}} - Q_{\text{исп}}; \quad (5)$$

где

$$Q_{\text{конв}} = \alpha_{\text{конв}} \cdot F_{\text{капл}} \cdot (t_{\text{о.с.}} - t_{\text{капл}}); \quad (6)$$

$$Q_{\text{рад}} = \varepsilon_{\text{вода}} \cdot F_{\text{капл}} \cdot \sigma \cdot (T_{\text{небо}}^4 - T_{\text{капл}}^4); \quad (7)$$

$$Q_{\text{исп}} = G_m \cdot i_{\text{в.п.}}; \quad (8)$$

где $\alpha_{\text{конв}}$ – коэффициент теплообмен конвекции $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{K}}\right)$ и $i_{\text{в.п.}}$ – энтальпия испарения водяного пара $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$. $F_{\text{капл}}$ – площадь поверхности капли (м^2), $m_{\text{капл}}$ – масса отдельной капли (кг), σ – постоянная Стефана-Больцмана $\left(5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}^4}\right)$, а $\varepsilon_{\text{вода}}$ – коэффициент излучения поверхности воды (значение равно 1). Подставляя (9)–(13) в (8) и перестраивая, получаем:

$$t_{\text{капл}2} = t_{\text{капл}1} + \frac{\Delta t}{m_{\text{капл}} \cdot C_{p_{\text{вода}}}} \cdot [\alpha_{\text{конв}} \cdot F_{\text{капл}} \cdot (t_{\text{о.с.}} - t_{\text{капл}}) + \varepsilon_{\text{вода}} \cdot F_{\text{капл}} \cdot \sigma \cdot (T_{\text{небо}}^4 - T_{\text{капл}}^4) - G_m \cdot i_{\text{в.п.}}]; \quad (9)$$

где $t_{\text{капл}2}$ – конечная температура капли воды ($^\circ\text{K}$), а $t_{\text{капл}1}$ – начальная температура капли воды ($^\circ\text{K}$). Значения $\alpha_{\text{конв}}$ и G_m можно рассчитать по следующим уравнениям, массовая скорость испарения G_m $\left(\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right)$:

$$G_m = \beta_{\text{исп}} \cdot F_{\text{капл}} \cdot (\rho_{\text{капл}} - \varphi \cdot \rho_{\text{атм}}); \quad (10)$$

где $\beta_{\text{исп}}$ – массообменный коэффициент конвекции $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$, $\rho_{\text{капл}}$ – удельная влажность насыщенного воздуха, рассчитанная при температуре капель воды $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$, $\rho_{\text{атм}}$ – удельная влажность насыщенного воздуха, рассчитанная при температуре окружающей среды $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$, а φ – относительная влажность окружающего воздуха (%). $\beta_{\text{исп}}$ получается из числа Шервуда [13÷15]:

$$Sh'_D = 2 + 0,6 \cdot Sc^{0,333} \cdot Re^{0,5}; \quad (11)$$

где Re – число Рейнольдса, определяемое выражением:

$$Re = \frac{d_{\text{кап}} \cdot v_{\text{кап}}}{\nu_{\text{воздух}}}; \quad (12)$$

где $d_{\text{кап}}$ – диаметр капли (м), $v_{\text{кап}}$ – скорость капли $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$, а $\nu_{\text{воз}}$ – кинематическая вязкость воздуха $\left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}}\right)$. Переменная Sc является числом Шмидта и определяется выражением:

$$Sc = \frac{\nu_{\text{воз}}}{D_{\text{в.п.}}}; \quad (13)$$

где $D_{\text{в.п.}}$ – коэффициент диффузии водяного пара в воздухе $\left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}}\right)$ $[0,26 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}]$ [13÷15]. После вычисления числа Шервуда значение G_m определяется выражением:

$$\beta_{\text{исп}} = \frac{Sh'_D \cdot D_{\text{в.п.}}}{d_{\text{кап}}}; \quad (14)$$

Коэффициент тепловой конвекции h_c можно получить из уравнения числа Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha_{\text{конв}} \cdot d_{\text{кап}}}{\lambda_{\text{воз}}}; \quad (15)$$

где $\lambda_{\text{воз}}$ – теплопроводность воздуха $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}\right)$. При вынужденной конвекции между каплей и ветром число Нуссельта можно рассчитать по уравнению авторов [14, 15]:

$$Nu = 2 + 0,6 \cdot Pr^{0,333} \cdot Re^{0,5}. \quad (16)$$

Число Прандтля Pr можно найти в таблице свойств воздуха [13, 14] или рассчитать, как функцию динамической вязкости воздуха $\nu_{\text{воз}}$, удельной теплоемкости воздуха $Cp_{\text{воз}}$ и теплопроводности воздуха $\lambda_{\text{воз}}$ по формуле:

$$Pr = \frac{Cp_{\text{воз}} \cdot \nu_{\text{воз}}}{\lambda_{\text{воз}}}. \quad (17)$$

Подставляя исходные данные (11) или (16) в (15), заменяющее уравнение (15) выводимое в (14), значение $\alpha_{\text{конв}}$ получаем:

$$\alpha_{\text{конв}} = \frac{\lambda_{\text{воз}} \cdot (2 + 0,6 \cdot Pr^{0,333} \cdot Re^{0,5})}{d_{\text{кап}}}. \quad (18)$$

Со значениями $\alpha_{\text{конв}}$ и G_m , рассчитанными из (16)–(24), можно оценить новую температуру капли $t_{\text{кап}2}$, эта температура будет начальной температурой второй части системы водяного охлаждения панельного водоема. Количество воды, поступающей в граничную систему водоема, равно начальному массовому расходу опрыскивателя за вычетом потерь на испарение:

$$m_{2\text{опр}} = m_{1\text{опр}} - m_{\text{кап}} \cdot \Delta t \cdot \frac{m_{1\text{опр}}}{m_{\text{кап}}}. \quad (19)$$

Математическое моделирование радиационной панели. Подобно капле воды, контрольный объем панельного водоема можно представить как типичный термодинамический контрольный объем (рис. 2-б). Как видно, теплопередача к границе системы и от нее осуществляется в форме испарения, теплопроводности, конвекции, солнечной энергии и излучения в дополнение к передаче тепла за счет воды, поступающей в систему и покидающей ее.

Подобно уравнению энергии капель воды, уравнение энергии водоема имеет вид:

$$m_{\text{ёмк}} \cdot c_{p\text{вода}} \cdot \frac{t_{\text{ёмк.2}} - t_{\text{ёмк.1}}}{\Delta t} = Q_{\text{конд}} + Q_{\text{сол}} - Q_{\text{конв}} - Q_{\text{изл}} - Q_{\text{исп}} - Q_{\text{пан}} + E_{\text{вод}'} - E_{\text{вод}''}; \quad (20)$$

где $m_{\text{ёмк}}$ – масса воды в водоеме (кг), $Q_{\text{конд}}$ – тепло, добавляемое конденсированной водой $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$, $Q_{\text{сол}}$ – тепло, поглощаемое панельным водоемом за счет солнечного излучения $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$, $Q_{\text{конв}}$ – тепловая конвекция между водоемом и окружающим воздухом $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$, $Q_{\text{изл}}$ – теплообмен между водой в водоеме на крыше и небом за счет излучения $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$, $Q_{\text{исп}}$ – теплообмен испарения между водой и окружающим воздухом $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$, $Q_{\text{пан}}$ – теплопередача между водой и окружающим воздухом через слой панели $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$, а $E_{\text{вод}'}$ и $E_{\text{вод}''}$ – удельные мощности энергии, добавляемые к панели вода из водоема на добавленную воду и воду, выходящую за границу системы $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{с}}\right)$.

Как и в (3) для капли воды, уравнение энергии можно переписать для расчета температуры воды, выходящей из панельного водоема:

$$t_{\text{ёмк.2}} = t_{\text{ёмк.1}} + \frac{\Delta t}{m_{\text{ёмк}} \cdot c_{p\text{вода}}} \cdot [Q_{\text{конд}} + Q_{\text{сол}} - Q_{\text{конв}} - Q_{\text{изл}} - Q_{\text{исп}} - Q_{\text{пан}} + E_{\text{вод}'} - E_{\text{вод}''}]. \quad (21)$$

Расчеты переноса тепла и энергии между системой и границей могут быть производными с использованием основного уравнения теплопередачи; можно также сослаться на многие работы, представляющие математическое моделирование системы панельных водоемов [16÷18]. Количество тепла, рассеиваемого в небо за счет излучения, зависит от коэффициента излучения водоема, температуры неба и температуры воды в водоеме; другими факторами, оказывающими влияние, являются относительная влажность, облачность и длина волны излучения, которые оказывают непосредственное влияние на изменения значений коэффициента излучения и температуры неба.

$Q_{\text{изл}}$ определяется как:

$$Q_{\text{изл}} = \alpha_{\text{изл}} \cdot F_{\text{ёмк}} \cdot (t_{\text{ёмк}} - t_{\text{небо}}); \quad (22)$$

где $\alpha_{\text{изл}}$ – коэффициент теплопередачи излучением неба $\left(\frac{\text{Ватт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$, $F_{\text{ёмк}}$ – площадь поверхности панели (м^2), $t_{\text{ёмк}}$ – температура воды в водоеме ($^{\circ}\text{C}$), а $t_{\text{небо}}$ – эффективная температура неба ($^{\circ}\text{C}$).

В течение дня к воде в районе водоема добавляется солнечное тепло; количество добавляемого тепла зависит от количества потока солнечного излучения ($I_{\text{солн}}$) и поглощающей способности панельного водоема ($\alpha_{\text{солн}}$). Теплота, поглощаемая водой от солнечного излучения, определяется выражением:

$$Q_{\text{солн}} = \alpha_{\text{солн}} \cdot F_{\text{ёмк}} \cdot I_{\text{солн}}. \quad (23)$$

Учём, что $Q_{\text{конв}}$ – это передача тепла от воды к окружающей среде путем конвекции, это тепло можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{конв}} = k_{\text{ёмк}} \cdot F_{\text{ёмк}} \cdot (t_{\text{ёмк}} - t_{\text{о.с.}}). \quad (24)$$

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Коэффициент конвекционной теплопередачи ($k_{\text{ёмк}}$) является функцией типа скорости потока, ламинарного потока или турбулентного потока, а общее уравнение ($k_{\text{ёмк}}$) имеет вид:

$$k_{\text{ёмк}} = Nu_L \cdot \frac{\lambda_{o.c.}}{l_{\text{крыша}}}; \quad (25)$$

где $\lambda_{o.c.}$ и $l_{\text{крыша}}$ – теплопроводность окружающего воздуха и расстояние, протекающее через панель, а Nu_L – число Нуссельта, отличающееся от капли воды (10), в случае панельного водоема его величина зависит от характера конвекции (вынужденной или естественной) [13÷15]. Скорость испарения массы воды из панельного водоема $G_{\text{исп.вод}}$ необходимо для оценки величины теплоты, отводимой от воды при испарении. Из уравнения (4) заменяя площадь поверхности капли на площадь поверхности панели, получаем:

$$G_{\text{исп.вод}} = \beta_{\text{исп}} \cdot F_{\text{ёмк}} \cdot (\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{атм}}); \quad (26)$$

где $\rho_{\text{вод}}$ и $\rho_{\text{атм}}$ – плотность воды при температуре насыщения, давлении и атмосферном давлении соответственно $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$, $\beta_{\text{исп}}$ $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$, коэффициент массообмена рассчитывается по числу Шервуда (Sh'_X), а коэффициент диффузии бинарных масс ($D_{\text{в.п.}}$) рассчитывается как:

$$\beta_{\text{исп}} = \frac{Sh'_X \cdot D_{\text{в.п.}}}{l_{\text{крыша}}}. \quad (27)$$

В условиях вынужденной конвекции число Шервуда равно:

$$Sh'_X = 0,644 \cdot Re_X^{0,5} \cdot Sc^{0,333}, \quad (28)$$

а число Нуссельта равно:

$$Nu_X = 0,644 \cdot Re_X^{0,5} \cdot Pr^{0,333}. \quad (29)$$

Когда значение $G_{\text{ёмк.исп}}$ рассчитывается с помощью (27), значение выше нуля указывает на то, что имело место испарение, и теплота, передаваемая при испарении от воды в атмосферу, равна:

$$Q_{\text{исп}} = r_{\text{в.п.}} \cdot G_{\text{ёмк.исп}}. \quad (30)$$

Энергия воды, входящей и выходящей из границы системы ($\Delta E_{\text{вод}}$) равна:

$$\Delta E_{\text{вод}} = i'_{\text{вод}} \cdot G'_{\text{вод}} - i''_{\text{вод}} \cdot G''_{\text{вод}}; \quad (31)$$

$i'_{\text{вод}}$ и $i''_{\text{вод}}$ – энтальпии воды, поступающей в водоем и выходящей из него $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right)$, а $G'_{\text{вод}}$, $G''_{\text{вод}}$ – массовый расход воды, поступающей в водоем $\left(\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right)$. $G''_{\text{вод}}$ оценивается как массовый расход поступающей воды после вычитания массового расхода испаряющейся воды.

Теплопередача через заднюю часть панели ($Q_{\text{панель}}$) является функцией теплопроводности материала задней панели и определяется выражением:

$$Q_{\text{панель}} = k_{\text{водт.с.}} \cdot F_{\text{ёмк}} \cdot (t_{\text{ёмк}} - t_{\text{м.с.}}); \quad (32)$$

здесь $t_{\text{м.с.}}$ – температура тыльного слоя ($^{\circ}\text{C}$), $k_{\text{водт.с.}}$ – коэффициент теплопередачи между защитным слоем и водой водоема $\left(\frac{\text{Ватт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$:

$$k_{\text{водт.с.}} = \frac{\lambda_{\text{лист}}}{\delta_{\text{лист}}} + \frac{\lambda_{\text{пена}}}{\delta_{\text{пена}}}. \quad (33)$$

Две одинаковые панели размерами 2400 мм в длину и 900 мм в ширину были изготовлены из алюминиевых листов, изолированных снизу для исключения теплопередачи с тыльной стороны. Критерии, которые определяли размер панели, включали цель сделать портативный прототип и минимизировать трудозатраты. Как и планировалось, вода будет течь по наклонным панелям в ночное время и в одном случае будет предварительно распылена для оценки вклада водяных брызг над панелью.

Результаты. Результаты, представленные в следующем разделе, основаны на характеристиках моделирования описанной системы с программным пакетом TRNSYS, стандартном файле данных о погоде ТМУ [5], на основе данных о погоде в Узбекистане летом (28/29 июля) и следующих входных данных для систем: общая площадь панели для мокрой поверхности $F_{\text{влаж.пов.}} = 6 \text{ м}^2$. Объем резервуара для воды $V_{\text{бак}} = 250 \text{ л}$.

При моделировании панель рассматривается как крыша с уклоном 30° , обращенная на юг. Моделирование выполнялось в двух разных местах в Узбекистане, то есть в Ташкенте (влажная погода) и Карши (жаркая и сухая зона).

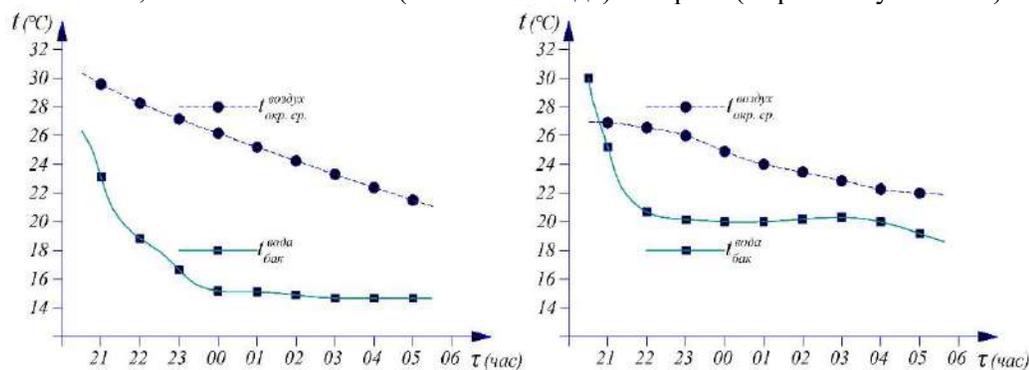


Рис. 3. Водяное охлаждение с эффектом ночного охлаждения в Карши (а) и Ташкенте (б) с использованием системы, описанной в этой работе

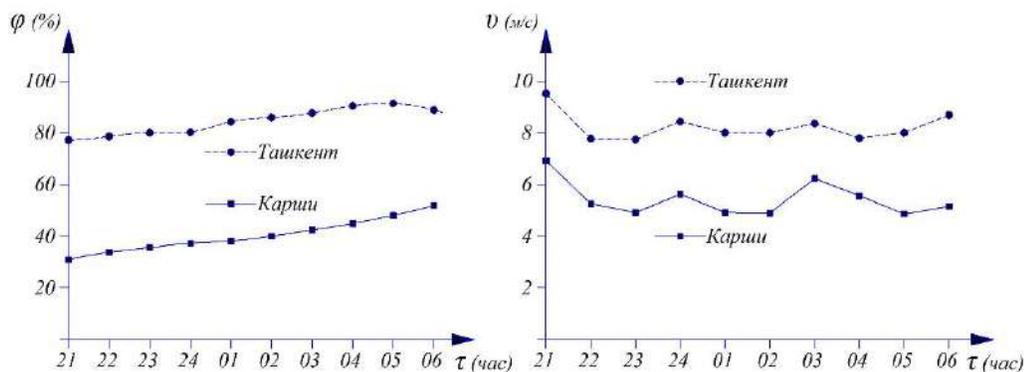


Рис. 4. Уровень относительной влажности (а) и скорость ветра (б) в двух местах

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Изменение температуры холодной воды в системе в течение назначенного периода моделирования с 21:00 до 6:00 утра следующего дня представлено на рисунке 3-а. Расход воды насоса менялся в нескольких прогонах моделирования для оптимизации производительности системы; результаты показывают, что температура в резервуаре упала до 11,8 °С к концу периода в ясных ночных засушливых условиях Карши при использовании системы открытого цикла с опрыскивателем. Однако высокая относительная влажность в Ташкенте по сравнению с Карши (рис. 4-а) привела к меньшей скорости охлаждения воды, как показано на рис. 3-б. В основном это связано с уменьшением теплопередачи за счет испарения ($Q_{исп}$) как от капель, так и от слоя воды.

Значение коэффициента конвективного теплообмена из (6) и (24) пропорционально скорости ветра. Анализ данных о скорости ветра (рис. 4-б) в зависимости от температуры воды в резервуаре для хранения на рисунках 3-а и 3-б показывает, что эффект конвекции – нагревание воды, тем самым сводя к минимуму процесс охлаждения за счет излучения. Коэффициент облачности ($C_{обл}$) для выбранного дня не превышал в среднем 0,19 в Ташкенте и 0,02 в Карши, таким образом было устранено негативное влияние облачности. Анализ результатов моделирования, основанный на шаге моделирования в 10 секунд, показывает, что система зафиксировала более высокое суммарное значение радиации неба в Ташкенте, чем в Карши (рис. 5). Это тесно связано с отсутствием высокой скорости испарения воды, когда температура воды упала бы до более низкого значения и уменьшилась бы разница между температурой воды и температурой неба (используется в (7) и (22)).

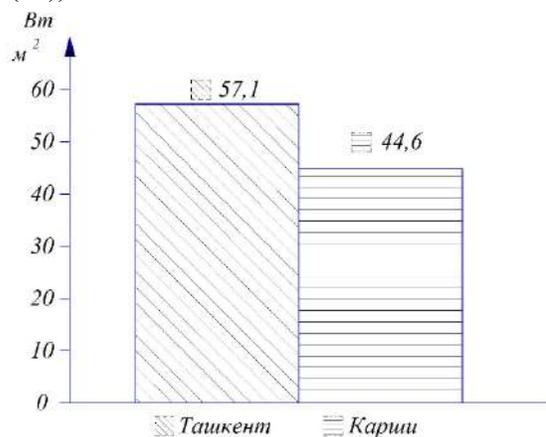


Рис. 5. Суммарное радиация неба в двух разных географических точках

Чистое длинноволновое излучение от панели радиатора в двух выбранных местах составляет $59,2 \frac{\text{Ватт}}{\text{м}^2}$ в Ташкенте и около $47 \frac{\text{Ватт}}{\text{м}^2}$ в Карши (рис. 5), рассчитанное по (7) и (23). Хотя относительная влажность в Карши ниже, чем в

Ташкенте, влияние более высокой температуры окружающей среды в Карши снизило уровень чистой радиации неба.

Температура воды в накопительном баке в обоих случаях была установлена на начальную температуру 25°C. Более низкая температура запуска привела к более низкой конечной температуре резервуара-накопителя. Например, в погоде Карши начальной температуре 22 °C привела к тому, что конечная температура была на 2,5 °C ниже, чем при начальной температуре 25 °C. Но результаты показывают, что даже в неблагоприятных условиях, система способна покрыть часть потребности в охлаждении. Как правило, моделирование показывает, что достаточное радиационное охлаждение достигается в периоды с умеренной или более высокой влажностью воздуха и ночными температурами окружающей среды, в большинстве случаев (при охлаждении) ниже 20 °C.

Заключение. В этом исследовании был представлен краткий обзор нескольких исследований, посвященных феномену длинноволнового излучения неба. Тепловое поведение системы, использующей эту технологию, было описано путем детального математического моделирования. Эти модели имитировали различные климатические условия. Результаты моделирования показывают, что чистой длинноволновой радиации при ясном небе в Узбекистане летнюю ночь достаточно для охлаждения воды в резервуаре для хранения общим объемом 260 литров до низкой температуры (до 13 градусов ниже начальной температуры 25°C). Результаты математического моделирования и имитации будут использоваться в будущих исследованиях для создания экспериментальных прототипов систем для проверки результатов моделирования.

Литература

1. Yannas S., Erell E., Molina J.L. Roof Cooling Techniques: A Design Handbook, Earthscan, London, UK, 2006.
2. Spanaki A. "Comparative studies on different type of roof ponds for cooling purposes: literature review," in Proceedings of the 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, Crete, Greece, September 2007.
3. Al-Zubaydi A.Y.T., Dartnall J., Dowd A. "Design, construction and calibration of an instrument for measuring the production of chilled water by the combined effects of evaporation and night sky radiation," in Proceedings of the International Mechanical Engineering Conference and Exposition (IMECE' 12), Houston, Tex, USA, 2012.
4. Bourne R.C., Carew C. "Design and implementation of a night roof-spray storage cooling system," in Proceedings of the ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Washington, DC, USA, 1996.
5. Klein S.A., Beckman W.A., Mitchell J.W., Duffie J.A. TRNSYS 16A Transient System Simulation Program, User Manual, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, Wis, USA, 2004.

6. Martin M., Berdahl P., “Characteristics of infrared sky radiation in the United States,” *Solar Energy*, vol. 33, no. 3-4, pp. 321–336, 1984.
7. Heidarinejad G., Farmahini F.M., Delfani S. “Investigation of a hybrid system of nocturnal radiative cooling and direct evaporative cooling,” *Building and Environment*, vol. 45, no. 6, pp. 1521–1528, 2010.
8. Farmahini F.M., Heidarinejad G., Delfani S. “A two-stage system of nocturnal radiative and indirect evaporative cooling for conditions in Tehran,” *Energy and Buildings*, vol. 42, no. 11, pp. 2131–2138, 2010.
9. Рахманов А.А. Научно-технические основы разработки солнечно - испарительных устройств для кондиционирования воздуха: автореферат диссертации д.т.н. – Москва, – 2005. – 24 с.
10. Плешка М.С. Система кондиционирования микроклимата здания с использованием солнечной энергии: автореферат диссертации к.т.н. – Ашгабат, – 1993. – 52 с.
11. Аvezов Р.Р., Вохидов А.У., Усмонов Н.О. Коэффициент теплопередачи от листотрубных лучепоглощающих панелей плоских солнечных водонагревательных коллекторов к теплоносителю в их теплоотводящих каналах // *Гелиотехника*, – 2018. – №1. – С. 36-42.
12. Усмонов Н.О., Ахматова С.Р. Энергетический анализ солнечной осушительной системы охлаждения // *Проблемы энерго- и ресурсосбережения*, – 2022. – №2. – С. 89-99.
13. Кокорин О.Я. Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, кондиционирования: Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 256 с.
14. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: изд-во «Высшая школа», 1971. – 460 с.
15. Yunus A.C., Afshin J.G. *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications* 5th Edition. 2015. – 991 p.
16. Rabani M., Kalantar V. Passive cooling performance of a test room equipped with normal and new designed Trombe walls: A numerical approach. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 2019. 33:69–82.
17. Zeynab E., Ali Maleki M.A., Nilofar A. Evaporative Passive Cooling Designs for Buildings, *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 2019. 38:4, 63-80, DOI: 10.1080/10485236.2019.12054412.
18. Аvezов Р.Р. и др. Системы солнечного тепло- и холодоснабжения. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.

*Представлено Ташкентским государственным
техническим университетом*

УДК 621.565.93

**ГРАДИРНЯДА КЕЧАДИГАН ИССИҚЛИК ЖАРАЁНЛАРИНИ ХИСОБЛАШ
УСЛУБЛАРИ****Ш.С. Санаев**

Ушбу мақолада саноат корхоналарида айланма сувни совутиши мақсадида қўлланиладиган градирнянинг иссиқлик баланс ва иссиқлик ҳисобларини ҳисоблаш услублари ҳақида маълумотлар ва тажриба натижалари келтирилган. Ушбу қурилмада кечадиган иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини математик ифодалари ва физик жараёнларни ҳисоблаш услубларини ҳам келтириб ўтишни жойиз деб ҳисобладик. Градирняларнинг совутиши даражасини аниқловчи конструктив элемент бу сўғориш мосламасидир. Совутиши мосламасининг асосий вазифаси оптимал аэродинамик қаршиликга эга зарур совутиши юзасини таъминлаши. Совутиши мосламалари пленкали, томчили, томчи-пленкали, комбинацияланган ва сачратувчи бўлиши мумкин. Сўғориш мосламаларини танлашда совутиши даражаси ва градирняч нархи солиштирилиши, ҳаво йўлида босимнинг йўқотилиши, сўғориш мосламаси материалининг мустаҳкамлиги, ўрнатиши ва хизмат кўрсатишининг осонлиги каби кўрсаткичларга эътибор берилиши керак.

Калит сўзлар: Градирня, сўғориш мосламаси, иссиқлик баланси, иссиқлик масса алмашинуви.

В данной статье представлены данные и результаты экспериментов по методам расчета теплового баланса и тепловых расчетов градирен, применяемых на промышленных предприятиях с целью охлаждения циркулирующей воды. Мы сочли нужным также привести математические выражения процессов тепло- и массообмена, происходящих в этих устройствах, и методы расчета физических процессов. Конструктивным элементом, определяющим степень охлаждения градирни, является оросительное устройство. Основной задачей охлаждающего устройства является обеспечение необходимой охлаждающей поверхности с оптимальным аэродинамическим сопротивлением. Охлаждающие устройства могут быть пленочными, капельными, капельно-пленочными, комбинированными и разбрызгивающими. При выборе поливочных устройств следует сравнивать такие показатели, как степень охлаждения и цена градирни, следует обращать внимание на потерю давления в дыхательных путях, прочность материала поливочного устройства, простоту установки и обслуживания.

Ключевые слова: градирня, охлаждающее устройство, тепловой баланс, теплообмен.

This article presents data and results of experiments on methods for calculating the cooling tower heat balance and thermal calculations used in industrial enterprises for the purpose of cooling circulating water. We also found it necessary to give mathematical

expressions of the processes of heat and mass transfer occurring in this device, and methods for calculating physical processes. The structural element that determines the degree of cooling of the cooling tower is an irrigation device. The main task of the cooling device is to provide the necessary cooling surface with optimal aerodynamic resistance. Cooling devices can be film, drip, drip-film, combined and spraying. When choosing watering devices, such indicators as the degree of cooling and the price of the cooling tower should be compared, attention should be paid to the loss of pressure in the respiratory tract, the strength of the material of the watering device, ease of installation and maintenance.

Keywords: cooling tower, cooling device, heat balance, heat exchange,

Кириш. Градирнянинг иш самарадорлиги айланма сув таъминоти тизимларининг асосий афзалликларининг техник ва экологик нуқтаи назардан бажарилиш даражасини аниқлашда, ҳамда технологик жихозларнинг унумдорлиги, ишлаб чиқарилган маҳсулотнинг сифати ва таннархини, хом ашё, ёқилғи ва электрэнергиясининг солиштирма сарфини аниқлашда асосий омиллардан ҳисобланади [1-5]. Техник сув таъминоти тизимларининг иш самарадорлигини ошириш, уларнинг таркибидаги градирнялар ишининг ишончли ва самарадор бўлиши долзарб масалалар қаторидан ўрин олган. Бундан ташқари тизимга киритилган градирнянинг тури, тузилиши, унда ишлатилган материаллар, ишлатиш ҳолатлари ва режимлари, техник иқтисодий ва экологик кўрсаткичлари эътиборда бўлиши зарур.

Асосий қисм. Градирняда кечадиган иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнлари тадқиқот ўтказиш учун жудамураккаб жараёнлардан ҳисобланади, чунки бунда нафақат туғридан туғри алоқада бўлган модалар ўртасида кечадиган иссиқлик ва масса алмашинуви, шу билан бирга жарёнда иштирок этувчи катта миқдордаги ўзгарувчан ва ўзаро боғлиқ бўлган параметрларнинг мавжудлиги. Градирняларни ҳисоблашда эмпирик график усуллари кенг қўлланилган, бу усул “совутиш графиклари “ усули деб аталади. Афсуски ушбу усул билан янги градирняларни ҳисоблаш қийин, уларни фақат градирняларнинг мавжуд конструкцияларини хусусий шартлавларга мослаш мумкин [1, 2, 8].

Туғри оқимли тизимларда хавзадан олинган сув деярли тўлалигича, йўқотишларни ҳисобга олмаганда, яна хавзага қайтариб ташланади. Бунда ишлатилган сувнинг ҳарорати бошланғич қийматидан 10-12 даража ортиқ бўлади. Туғри оқимли тизимларнинг асосий афзалликлари бу уларнинг соддалиги, ва совутишга берилаётган ҳавонинг йиллик ўртача ҳароратининг пастлиги (тахминан 8-14°C). Шунда хавзага қайтариб ташланаётган сувнинг санитар меёрлари 3-5°C ортмаслиги керак. Бу шарт туғри оқимли тизимлар билан доим ҳам бажарилиши қийин [1-10].

Градирнялар учун амалий ҳисобларни бажаришда Меркел усули кенг қўлланилади [1, 4, 6, 10,].

Бўғлатиб совутишнинг математик ифодалашда бир қатор шартларни қабул қилиб ва Льюиснинг нисбати билан аниқланадиган иссиқлик ва масса алмашинуви

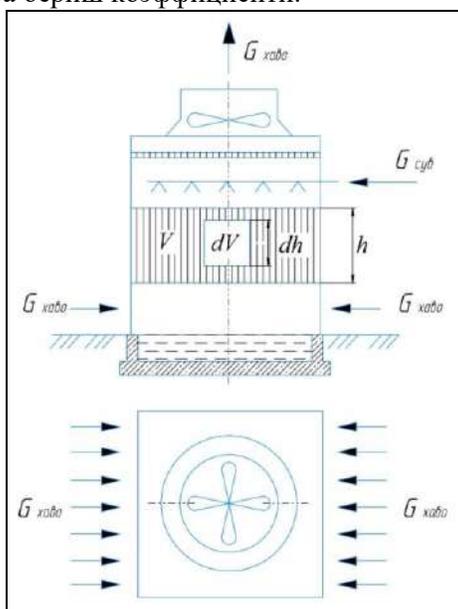
ўртасидаги ўхшашликни этиборга олиб (1) Меркель суғориш мосламаси етказиб берган сувнинг узатган иссиқлик микдорини аниқловчи тенгламани ҳисоблаб чиқди (2):

$$\frac{\alpha}{\beta_{xv}} = c_{в.л.в.озд}; \quad (1)$$

бунда $c_{в.л.в.озд}$ – нам ҳавонинг иссиқлик сифими;

$$Q = G_{ж} \cdot c_{ж} \Delta t = k \cdot V \cdot \beta_{xv} \Delta i_{ср} = k \cdot F_{ор} \cdot h \cdot \beta_{xv} \Delta i_{ср}; \quad (2)$$

бу ерда $G_{ж}$ – совутувчи сувнинг массавий сарфи, (кг/с); Δt – насадка қатламидаги ҳароратлар фарқи (градирняда сувнинг совутилиш даражаси), [°C]; $c_{ж}$ – сувнинг солиштирма иссиқлик сифими, [Дж/(кг·°C)]; k – иссиқлик баланси тенгламасидаги тузтиш коэффиценти; V – насадка ҳажми, [м³]; Δi – оқимнинг асосий массасидаги сув ва ҳаво ҳароратида тўйинган ҳаво энталпияларининг уртача логарифмик фарқи, [Дж/кг]; β_{xv} – ҳажмий масса бериш коэффиценти.



1-расм. Қарши оқимли градирнянинг ҳисобий схемаси

Бу ҳолатда:

$$\beta_{xv} = A \cdot \lambda^m \cdot q_{ж} = f(\lambda, q_{ж}); \quad (3)$$

$\lambda = \frac{q_b}{q_{ж}}$ – ҳавонинг нисбий сарфи [кг/кг], q_b – атмосфера ҳавосининг солиштирма массавий сарфи; $q_{ж}$ – суғришнинг солиштирма зичлиги; A – суғорғичнинг конструкциясига боғлиқ бўлган совутиш даражасини ифодаловчи коэффиценти; m – ҳажмий масса бериш коэффицентининг ҳавонинг массавий тезлигини ўзгаришига боғлиқлиги даражасини кўрсатувчи катталиқ. Келтирилган A ва m катталиқлар технологик кўрсаткич бўлиб, тажрибаларда аниқланади.

Келтирилган (2) ва (3) тенгламалар асосида ўлчамсиз Меркель сони деб аталадиган катталиқ топилади:

$$Me = \frac{\beta_{xv} h}{q_{ж}} = \frac{\Delta t \cdot c_{ж}}{K \cdot \Delta t_{cp}} = A \cdot \lambda^m \cdot h. \quad (4)$$

Ушбу тенгламалардаги энталпиялар фарқи турли усулларда ҳисобланиши мумкин [2].

Олинган (2), (3) ва (4) тенгламала ёрдамида градириялар ишини солиштириб баҳолаш мумкин.

Меркель тенгламалари ярим эмпирик характерга эга ва амалий ҳисобларда қулай, лекин жараённинг айрим кўрсаткичларининг градирия ишига таъсири яққол кўринмайди. Бундай ҳолатда градирия ишини математик ифодалаш учун буғлатиб совутишнинг назарий асосларидан фойдаланиш ўринли. Бундай усул илк бор Б.В, Проскураков ва Р.Д. Берман томонидан тақлиф этилган [8]. Буғлатиб совутишнинг назарий асосларига асосланган ҳисобларда сув буғларининг ҳаво оқимида конденсацияланиши ва суғоргич худудида конденсациянинг мавжуд ёки мавжудмаслик ҳолатида кечиши инобатга олинган.

Буғлатгичнинг баландлиги бўйича сув ва ҳаво ҳароратлари, ҳамда буғнинг парциал босимининг ўзгариши қонуниятларини аниқловчи дифференциал тенгламалар системаси [2] келтирилган. Уларнинг кўриниши қуйидагича:

$$\begin{aligned} \frac{d\theta}{df_{охл}} &= a(t - \theta) \\ \frac{dp_{п}}{df_{охл}} &= b(p_{пт} - p_{п\theta}); \\ \frac{dt}{df_{охл}} &= A(t - \theta) + B(p_{пт} - p_{п\theta}); \end{aligned} \quad (5)$$

бунда

$$a = \frac{\alpha_f}{C_b c_b}; \quad b = \frac{\beta_{pf} p_{вс}}{0.622 C_b}; \quad A = \frac{\alpha_f}{C_{ж} c_{ж}}.$$

Ушбу модел ёрдамида буғлатгичнинг совутиш сиртини аниқлаш мумкин, лекин келтирилган тенгламалар системаси буғ билан сувдан олинган исмиқликни ҳисобга олмайди ва буғлатгич худудида буғларнинг конденсацияси бўлиши мумкинлигинини эътиборга олмайди.

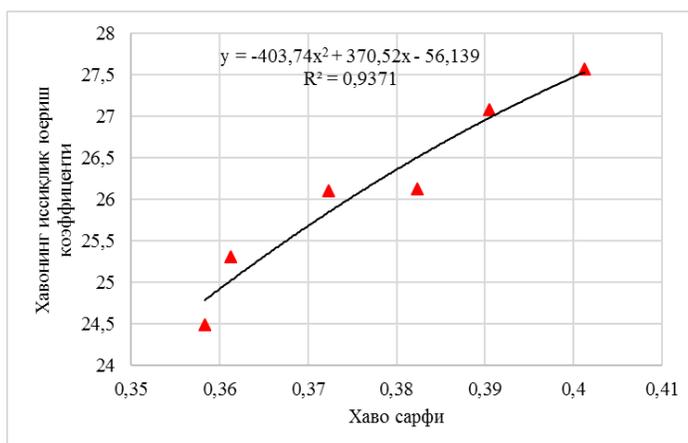
Ушбу тенгламалар системасини аналитик усулда ечиш муаммоли, чунки тенгламаларда сув ҳарорати t нинг функцияси бўлган буғнинг парциал босими $p_{пт}$ иштирок этган, ҳарорат эса ўз навбатида ўзгарувчан катталиқ. Меркел тенгламасини ишлатиб айни бир насадка учун тажриба маълумотларидан фойдаланиб насадканинг бирлик ҳажмига тўғри келадиган масса бериш коэффициентининг қийматини топиш мумкин [1, 2]:

$$\beta_{xv} = \frac{C_{ж} \cdot \Delta t \cdot c_{ж}}{K \cdot V \cdot \Delta t_{cp}}. \quad (6)$$

Фазалар таъсирлашувининг солиштирма сирти σ ни билган ҳолда сирт бирлигига нисбатан масса бериш коэффициентини топиш мумкин:

$$\beta_{xv} = \frac{\beta_{xv}}{\sigma}. \quad (7)$$

Томчи - плёнкали ва томчили суғорғичларни буглатиб совутиш асосида ҳисоблаш услубларини ишлаб чиқиш фазалар таъсирлашувини баҳолаш услуби таклиф этилганда амалга оширилиши мумкин.



2-расм. Хаво сарфини иссиқлик бериш коэффициентига боғлиқлик графиги

Шунинг асосида насадкалардаги иссиқлик ва масса алмашинувини тадқиқ қилиш асосан плёнкали суғорғичлар учун, томчили –плёнкали суғорғичлар иши Меркель усулини қўллаб қўриб чиқилади.

Хулоса. Градирняда асосан электр энергия исрофи бўлганлиги учун электр истеъмолини камайтириш мақсадида сув насосларининг қувватини танлаш, бу муаммони ечимини ташкил этади. Юқори совутиш даражасига ва кам электр энергияси истеъмолига эга кичик ўлчамли градирняларни ва модулли градирняларни ишлаб чиқиш автоном айланма сув таъминоти тизимларини лойихалаш услубларини ишлаб чиқиш глобал муаммосининг калит масаласи ҳисобланади. Турли конструкцияли суғорғичларни баҳолаш ва амалий ҳисоблашга қулай Меркель усули иссиқлик ва масса алмашинуви жараёни самарадорлигига алоҳида параметрларнинг миқдорий таъсирини баҳолаш имконини беради. Буглатиб совутиш назарияси боғлиқликлари асосида олинган математик модел билан иссиқлик масса алмашинуви жараёнининг самарадорлигига таъсир этувчи алоҳида омилларни эътиборга олиш мумкин.

Адабиёт

1. Дементий Л.В, Авдеенко А.П. Теоретические основы теплотехники // Краткий курс лекций: Краматорск: 2000, - С. 153-158.
2. Переселков А.Р., Круглякова О.В. Расчеты вентиляторных градирен: метод. указания для курсового и дипломного проектирования: спец. 144 "Теплоэнергетика"

всех форм обуч. Харьковский политехнический ин-т, нац. техн. ун-т. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2016. - С. 56-57.

3. Лаптев А.Г., Ведьгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градирен. Монография. Казань: КГЭУ, 2004. - С. 10-18.

4. Подолянчик В.П. Обзорный анализ различных видов градирен. Актуальные проблемы энергетика. 2017. - С. 436-439.

5. Цимбалист А.О. Зимняя эксплуатация вентиляторных градирен; способы и методы реализации безаварийной работы. <http://www.bem.sp.ru/> Санк-Петербург, Фаянсовая, 2020.

6. Пономаренко В. С., Арефьев Ю. И. Градирни промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие/ Под общ. ред. В.С. Пономаренко. - М.: Энергоатомиздат: 1998. - 376 с.

7. Лаптев А.Г., Варахов М.И. Гидромеханические процессы в нефтехимии и энергетике. Пособие к расчету аппаратов. Казань: Изд-во Казан. Ун-та, 2008.

8. Пушнов А.С., Каган А.М. Структура и гидродинамика колонных аппаратов с насадкой. Введение в химический инжиниринг. СПб.: Из-во политехн. Ун-та, 2011.

9. Некоторые вопросы повышения работы каплеуловителей градирни. ТГТУ Мухиддинова Я.Д. Санаев Ш.С. Нормухамедов Х. Карши 2018. – С. 512-513.

10. Дмитриева Г.Б. Гидродинамика и массообмен в структурированных насадках из гофрированных листов: автореф. Дис. канд. Техн. Наук. Иваново: МГУИЭ. 2007.

11. Лаптев А.Г. Модели пограничного слоя и расчет тепломассообменных процессов. Казан. Ун-та, 2007.

12. Артиков А.А., Джураев Х.Ф., З.А. Машарипова, Баракаев Б.Н. Системное мышление, анализ и нахождение оптимальных решений (на примерах инженерной технологии). Бухара. Издательство «Дурдона». 2020. – 185 с.

*Тошкент давлат техника университети
томонидан тақдим этилган*

УДК 621.311

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ С НЕПРЕРЫВНЫМ ХАРАКТЕРОМ ПРОИЗВОДСТВА**И.У. Рахмонов, В.Я. Ушаков, Д.А. Жалилова**

Мақолада узлуксиз ишлаб чиқариш характеридаги саноат корхоналарида электр юкламаларининг ўзгариш қонуниятлари масалалари кўрилган. Тадқиқот объекти сифатида қора ва рангли металлургия корхоналари ҳамда кимё ва тўқимачилик саноати олинган. Мазкур корхоналарда олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари натижасида актив реактив қувват истеъмоли бўйича суткалик ҳамда йиллик электр юклама графиклари шакллантирилган. Шу билан бирга тадқиқот объекти корхоналари электр юкламаларининг ўзгариш қонуниятлари тадқиқ этилиб, технологик жараён хусусиятлари аниқланган. Шакллантирилган намунавий электр юклама графикларидан шу турдаги корхоналар электр таъминотини лойиҳалашда фойдаланиш тавсия этилган.

Калит сўзлар: юклама графиги, қонуният, намунавий графиклар, технологик жараён, энергия сизими юқори истеъмолчи, маҳсулот, номенклатура, узлуксиз режим.

В статье рассматриваются закономерности изменения электрических нагрузок на промышленных предприятиях с непрерывным технологическим процессом. В качестве объекта исследования выбраны предприятия черной и цветной металлургии, химической и текстильной промышленности. В результате научно-исследовательских работ, выполненных на этих предприятиях, были сформированы типовые суточные и годовые графики изменения активной и реактивной мощности. Кроме того, выявлены и исследованы закономерности изменения электрических нагрузок, исследованы специфические характеристики технологических процессов предприятий, являющихся объектом исследования. Рекомендовано использовать сформированные типовые графики электрических нагрузок при проектировании электроснабжения подобных предприятий.

Ключевые слова: графики нагрузок, закономерности, типовые графики, технологический процесс, энергоёмкие потребители, продукция, номенклатура, непрерывный режим.

The article discusses the patterns of changes in electrical loads in industrial enterprises with a continuous technological process. Ferrous and non-ferrous metallurgy, chemical and textile industries were chosen as the object of study. As a result of research work carried out at these enterprises, typical daily and annual graphs of changes in active and reactive power were formed. In addition, regularities of changes in electrical loads have been identified and studied, and specific characteristics of the technological processes

of enterprises that are the object of research have been studied. It is recommended to make standard schedules for mass production when designing the power supply of enterprises.

Keywords: *load curves, patterns, standard charts, technological process, energy-intensive consumers, products, nomenclature, continuous operation.*

Известно, что анализ динамики энергопотребления промышленными предприятиями начинается с изучения их графиков электрических нагрузок. Суточные и годовые графики электрической нагрузки практически всех промышленных предприятий, включая и предприятия, работающие в непрерывном режиме, имеют ряд особенностей, обусловленных различиями технологических характеристик. Статья посвящена исследованиям графиков электрической нагрузки предприятий, работающих именно в этом режиме. Анализ показал, что используемые в настоящее время типовые графики электрической нагрузки на предприятиях химической, чёрной и цветной металлургии, а также на текстильных предприятиях не учитывают новые технологии и режимы, внедренные в последние годы. Для устранения этих пробелов для ряда промышленных предприятий этого типа авторами разработаны графики электрических нагрузок и выявлены их основные закономерности, зависящие от специфики технологического процесса.

Предприятия химической промышленности. Химическая промышленность является одной из основных отраслей экономики Республики Узбекистан (РУ), которая стремительно развивается. В настоящее время 14 крупнейших химических предприятий страны производят более 170 наименований химической продукции. На неё приходится значительная доля электропотребления как вследствие больших масштабов производства, так и из-за его неоправданно высокой энергоёмкости [1 - 4].

Для химической промышленности характерны большое разнообразие производимой продукции и обусловленный этим широкий спектр технологических процессов и номенклатуры энергоёмкого электрооборудования [1, 5]. Эти особенности требуют гибкого подхода к управлению потреблением электроэнергии с учётом особенностей технологического процесса производства каждого вида продукции [1, 6].

По энергоёмкости химическая промышленность также превосходит многие другие отрасли экономики. Если в себестоимости готовой продукции, производимой промышленными предприятиями, стоимость электроэнергии составляет в среднем 2,5%, то в химической промышленности этот показатель составляет 9%. Наиболее энергоёмкими являются технологические процессы производства аммиака, фосфора, карбоната натрия и других аналогичных продуктов [1, 7 - 10].

Анализ баланса потребления электроэнергии на химических предприятиях показывает, что основная часть потребляемой предприятием электроэнергии используется в электрохимических, электротермических и электромагнитных процессах. Эти процессы, в свою очередь, включают технологические процессы подготовки растворов, электролиза растворов, нагрева, плавления, высокотемпературного синтеза, обработки руды и других аналогичных химических

процессов. Наряду с основным технологическим оборудованием значительную часть электроэнергии потребляет вспомогательное оборудование и, прежде всего, электродвигатели различного назначения [11, 12].

Энергоёмкие химические предприятия с непрерывным характером производства требуют бесперебойного электро- и теплоснабжения. В отраслях, специализирующихся на производстве дефицитной и дорогостоящей продукции, нарушение технологического процесса из-за перерывов в электроснабжении причиняет значительный ущерб не только конкретному предприятию, но и экономике республики в целом.

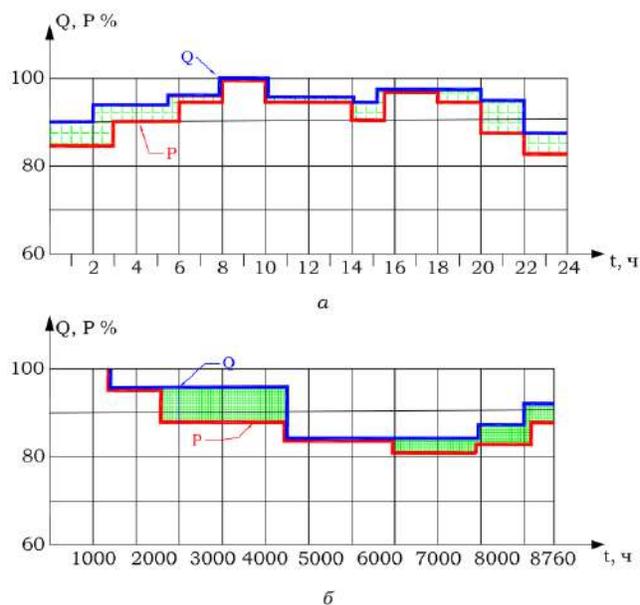


Рис. 1. Суточный (а) и годовой (б) графики активной и реактивной электрических нагрузок на предприятиях химической промышленности

В 2020-2021 гг. авторами изучены суточные и годовые графики изменения электрических нагрузок на предприятиях химической промышленности. При их формировании использованы среднесуточные данные при максимальной загрузке электрооборудования, а также учтены сезонные (зима – лето) изменения электрических нагрузок. Анализ суточного и годового графиков нагрузки на химическом предприятии (рис. 1) показывает, что в отличие от других предприятий, работающих в непрерывном режиме, электропотребление данного предприятия достаточно стабильно; при этом колебания нагрузки в среднем не превышает 5-7%.

Предприятия чёрной металлургии. На долю этих предприятий приходится около 10% потребления электроэнергии, производимой в стране. Электросталеплавильные цеха предприятий чёрной металлургии являются крупнейшими потребителями электроэнергии, которые в среднем за год потребляют около 1 млрд кВтч электроэнергии.

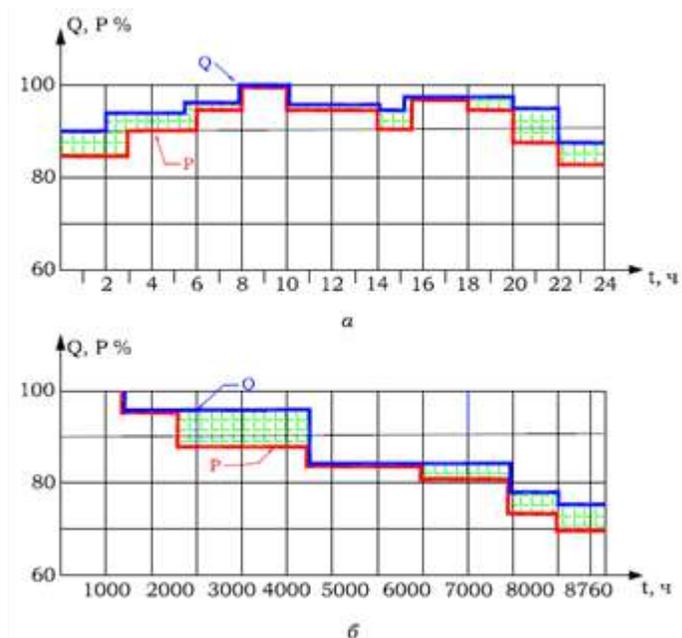


Рис. 2. Суточный (а) и годовой (б) графики активных и реактивных электрических нагрузок на предприятиях чёрной металлургии

Энергетические хозяйства предприятий чёрной металлургии обеспечивают не только основной и вспомогательный технологический процессы (водоснабжение, фильтрация воды и выхлопных газов, производство сжатого воздуха, работа системы связи и т. д.), но и поставку сырья (азота, аргона, кислорода, воды и др.) [1, 13-17].

На предприятиях чёрной металлургии изучены суточные графики электрических нагрузок на основе среднесуточных данных о максимальной загрузке электрооборудования. При этом также учтено влияние сезонных факторов (по данным зимнего и летнего изменения электрических нагрузок). Кроме этого, составлены годовые графики электрических нагрузок на основе зимних и летних сезонных графиков для 2017 - 2021 гг.

На суточном графике электрической нагрузки видно (рис. 2, а), что завод работает в три смены. Как отмечено выше, крупнейшим потребителем электроэнергии на металлургическом предприятии является сталеплавильный цех, среднесуточное потребление электроэнергии которого составляет 3–4 млн кВтч. Максимальное значение годовой электрической нагрузки зимой на 10-15% выше, чем летом, что можно объяснить не только климатическими факторами, но и непостоянством спроса на продукцию (рис. 2,б). На графике также видно, что по продолжительности минимальное потребление активной мощности составляет примерно 70%, что связано с несвоевременной доставкой первичного сырья и проведением на предприятии большого объёма текущего (промежуточного) ремонта [18-21].

Предприятия цветной металлургии. Цветная металлургия является ведущей отраслью промышленности республики, развитие которой во многом определяет развитие экономики РУз. В недрах РУз залегают практически все виды цветных металлов – 74 из 105 элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева; 12 из них являются основными элементами.

Предприятия цветной металлургии республики в настоящее время потребляют 14% электроэнергии, производимой в стране. Только два крупнейших предприятия промышленного сектора республики - ОАО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» потребляют в среднем 7-8% от годового производства электроэнергии. Затраты на энергию для производства продукции в промышленном секторе составляют 35-55%. Это обуславливает актуальность задачи разработки системы эффективного управления электропотреблением и снижения затрат на электроэнергию в данной отрасли. Для решения этой задачи важное значение имеют технико-экономические расчёты в системе электроснабжения предприятий и энергоёмкости производства единичного продукта [1]. График изменения электрических нагрузок на предприятиях цветной металлургии показан на рис.3.

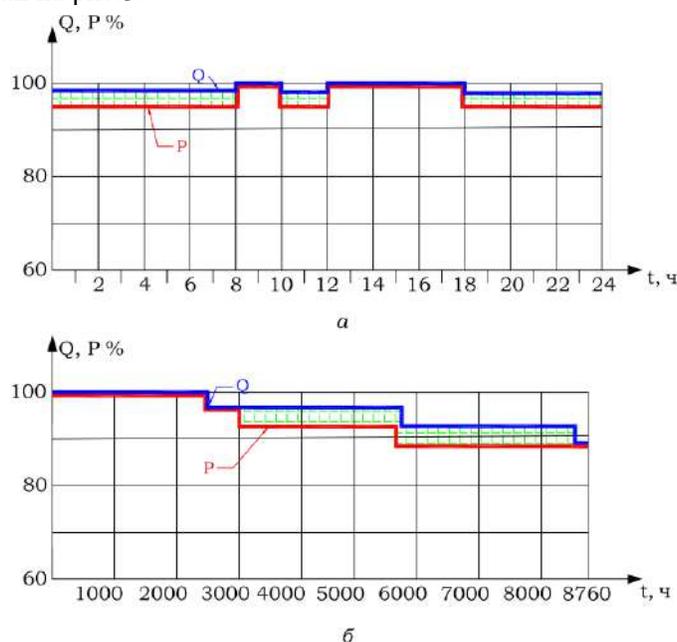


Рис. 3. Суточный (а) и годовой (б) графики активной и реактивной электрических нагрузок на предприятиях цветной металлургии

При формировании суточных графиков электрических нагрузок на предприятиях цветной металлургии использованы среднесуточные данные при максимальной загрузке электрооборудования с учётом сезонных факторов.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Составлены годовые графики по продолжительности на основе зимних и летних сезонных графиков на 2020 и 2021 гг.

График суточной нагрузки предприятий цветной металлургии (рис. 3,а) показывает стабильность (малые изменения) электрической нагрузки. Такая стабильность объясняется непрерывностью производственных процессов на предприятии и своевременной доставкой первичного сырья. Из годового графика нагрузки (рис. 3,б) видно, что потребляемая реактивная мощность предприятия выше активной мощности, что обусловлено наличием на предприятии соответствующего электрооборудования.

Предприятия текстильной промышленности. В последние годы в РУ отмечается быстрое развитие текстильной промышленности. Ведущими производителями данной отрасли являются хлопчатобумажные, шёлковые и швейно-трикотажные предприятия. Наиболее энергоёмким является производство хлопковых и шёлковых тканей. На этот сектор приходится 64% электроэнергии и 53% теплоэнергии, потребляемых всей текстильной промышленностью.

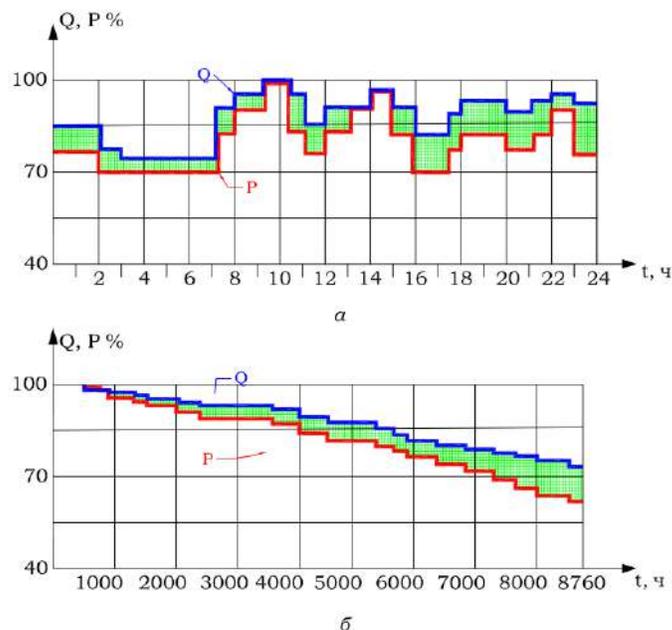


Рис. 4. Суточный (а) и годовой (б) графики активной и реактивной электрических нагрузок предприятий текстильной промышленности

Кроме оборудования, обеспечивающего основной технологический процесс, на текстильных предприятиях большое электропотребление характерно также для вспомогательного оборудования систем вентиляции, отопления и освещения.

На первый взгляд, небольшие мощности оборудования текстильных предприятий не дают основания включать их в число энергоёмких. Но многостадийность производства готовой продукции приводит к высокому

потреблению ими энергоресурсов. Производство каждого продукта состоит из трёх основных этапов, сильно различающихся по удельной энергоёмкости: прядильное, ткацкое и отделочное [1].

Производственный процесс на текстильных предприятиях обычно организован в 2–3 смены; график электрических нагрузок является скользящим. Для прядильного, ткацкого и красильно-отделочного производств, выпускающих хлопчатобумажные ткани, характерно относительное постоянство электрических нагрузок в течение рабочих смен. Однако для многих предприятий текстильной промышленности типовые графики электрических нагрузок не отражают особенностей режима работы конкретного оборудования.

При формировании суточных графиков электрических нагрузок для предприятий хлопково-текстильного кластера использованы среднесуточные данные о значениях нагрузок при максимальной загрузке электрооборудования с учетом влияния сезонных факторов. На основании зимних и летних сезонных графиков составлены годовые графики для 2019-2021 гг..

Из анализа графиков, представленных на рис. 4, следует, что потребление электроэнергии прядильными и текстильными фабриками является специфическим и переменным. Сравнение суточных графиков электрической нагрузки для текстильной промышленности и для других отраслей позволяет выявить особенности этой отрасли. Разброс значений на графиках электрических нагрузок текстильных предприятий составляет в среднем 20%. Резкие изменения этого показателя также могут происходить в зависимости от изменений в технологическом процессе.

Отличительной особенностью предприятий текстильной промышленности является то, что они не имеют возможности с приемлемой точностью прогнозировать потребление электроэнергии. Это, в первую очередь, связано с разнообразием типов и качества хлопка-сырца, который является основным сырьём текстильной промышленности.

Таким образом, по результатам исследования электрических нагрузок и электропотребления предприятиями различного профиля с непрерывным характером производства, выявлены следующие закономерности изменения электропотребления на протяжении суток и года:

- на графиках видны незначительные спады электрической нагрузки, связанные с отсутствием сырья и колебаниями объёма выпуска продукции;
- наблюдается снижение потребления электроэнергии в летний период и его повышение в осенний период, что представляет собой особенности непрерывного технологического производства;
- на всех предприятиях с непрерывным режимом производства электрические нагрузки на суточных графиках колеблются в пределах $\pm 20\%$, что можно интерпретировать, как стабильность и равномерность производства готовой продукции;
- равномерное распределение электрических нагрузок обеспечивает минимальные колебания удельного расхода электроэнергии на производство продукции (в пределах $\pm 5-6\%$);

- случаются резкие, несвойственные таким предприятиям изменения в объёме электропотребления, объясненные в тексте статьи;

- нестабильность электрических нагрузок нарушает закономерности электропотребления и не позволяет в полной мере реализовывать процедуры моделирования, нормирования и прогнозирования с учетом влияния основных и вспомогательных факторов.

Литература

1. Аллаев К.Р., Хошимов Ф.А. Энергосбережение на промышленных предприятиях. – Т.: Фан, 2011. – 208 с.
2. <https://www.gestra.com/global/ru-GES/industries/chemicals>.
3. <https://lex.uz/ru/docs/1235171>.
4. Общая химическая технология: конспект лекций / составители : И. Г. Воробьева, Л. М. Миронович. – Сумы : Сумский государственный университет, 2017. – 283 с.
5. Энергоэффективные технологии в химической промышленности / Р. М. Долинская. – Минск : БГТУ, 2013. – 82 с.
6. Hipple J. Chemical Engineering for Non-Chemical Engineers// John Wiley & Sons, Inc., 2017. — 394 p.
7. Федотов А.И., Вагапов Г.В.. Снижение затрат на электропотребление в химической промышленности // Проблемы энергетики, 2010, No 3-4. С. 68-72.
8. <http://vestkhimprom.ru/posts/khimicheskaya-promyshlennost-evrosoyuza-v-usloviyakh-globalnykh-transformatsij-mirovoj-khimicheskoy-industrii>
9. <http://vestkhimprom.ru/author/556-gavpilenkova>
10. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/consumer-business/russian/chemistry-4-0-rus.PDF> -
11. Алтухов И.М. Применение методики согласования балансов при прогнозировании технико-экономических показателей энергосистем, / В кн.: Экономичность режимов энергетических систем, 1983, - С.98-103.
12. <https://invest.gov.uz/ru/investor/himicheskaya-otrasl/> .
13. Кудрин Б.И. Электропотребление в электрометаллургии // Электрика. – 2003. №9. - С.35-45.
14. Рахмонов И.У. Рациональные режимы плавки в сталеплавильных печах и взаимодействия энергетических и технологических факторов // Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана, 2016. – Том 20 №3. - С. 47-51
15. Хошимов Ф.А., Рахмонов И.У. Энергосбережение на предприятиях черной металлургии // Электронный научный журнал «Исследования технических наук». Россия, Москва, 2016. - №1(19) Январь-Март. – С. 3-5.
16. Rakhmonov I.U., Reymov K.M, Najimova A.M., Uzakov B.T., Seytmuratov B.T. Analysis and calculation of optimum parameters of electric arc furnace//Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. 1399 (2019) 055048 doi:10.1088/1742-6596/1399/5/055048.

17. Рахмонов И.У. Оптимизация сталеплавильного производства в условиях применения многоставочных тарифов электроэнергии //Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 70. Методические и практические проблемы надежности систем энергетики. В 2-х книгах. / Книга 2 / отв. ред. Н.И. Воропай. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2019, -С. 375-384.

18. Rakhmonov I.U., Niyozov N.N. Optimization setting of steel-smelting industry in the issue of alloy steels// Web Conf. Volume 139, 2019. Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems” (RSES 2019) 01077. 1-3 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901077>.

19. Хошимов Ф.А., Рахмонов И.У. Повышение эффективности электропотребления на предприятиях черной металлургии. // Монография. “ТошДТУ босмахонаси”, Ташкент, 2019. – 150 бет.

20. Rakhmonov I.U. Regulation of energy consumption in the iron and steel mills. // Scientific journal «European Science review». Austria, Vienna, 2018. - №5-6 May-June. PP. 327-329.

21. Рахмонов И.У. Анализ энергетических показателей предприятий черной металлургии на основе схемы декомпозиции. // Журнал «Вестник ТашГТУ». Ташкент, 2018. - №3. - С. 82-90.

Представлено Ташкентским государственным техническим университетом и Томским политехническим университетом

УДК 621.5

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА
НА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Н.А. Абдуллаев, А.Ш. Шансламов, Р.Р. Жураев, А.М. Ахмедов

Ушбу мақолада қуёш энергияси билан ишлайдиган автоном совуткичнинг энергия хусусиятларини ўрганиш таҳлили натижалари келтирилган. Ушбу қурилмада қуёш энергияси фотоволтаик батарея ёрдамида электр энергиясига айланади, сўнгра ҳосил бўлган электр энергияси буг компрессор тизимини қувватлантириш учун ишлатилади, бу эса ўз навбатида буглатгичда совуқлик энергияси ишлаб чиқаради. Тадқиқот натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, қуёш совуткичнинг энергия самарадорлигига ҳал қилувчи омил сифатида нафақат қуёш энергияси, балки атроф-муҳит ҳарорати ҳам таъсир қилади.

***Калит сўзлар:** қуёш энергияси, совутгич қурилмаси, фотомодул, совуқлик энергияси,*

В данной статье представлены результаты анализа исследования энергетических характеристик автономного холодильника на солнечных батареях. В этой установке солнечная энергия преобразуется в электрическую с помощью фотогальванической батареи, затем генерируемая электрическая энергия используется для питания парокомпрессионной системы, которая, в свою очередь, производит энергию холода в испарителе. Анализ результатов экспериментов показал, что не только солнечная энергия влияет на энергетическую эффективность солнечного холодильника, но и температура окружающей среды, что в данном случае является определяющим фактором.

***Ключевые слова:** энергия солнца, холодильная установка, фотомодуль, энергия холода.*

This article presents the results of an analysis of the study of the energy characteristics of an autonomous solar-powered refrigerator. In this plant, solar energy is converted into electrical energy using a photovoltaic array, then the generated electrical energy is used to power the vapor compression system, which in turn produces cold energy in the evaporator. An analysis of the experimental results showed that not only solar energy affects the energy efficiency of a solar refrigerator, but also the ambient temperature, which in this case is the determining factor.

***Key words:** solar energy, solar refrigerator, solar photo module, cooling energy*

Введение. Несоответствие периодов времени между наличием солнечного излучения и потребностью в энергии диктует необходимость хранения солнечной

энергии для последующего его использования. Как известно, солнечная энергия может быть преобразована в электричество с помощью фотоэлектрических панелей. Одним из наиболее распространенных способов хранения электроэнергии, выработанной фотоэлектрическими панелями, является использование аккумуляторных батарей, которые преобразуют электроэнергию в химическую энергию [1, 3].

В [4, 7] изучалась возможность использования холодильников с фотоэлектрическими батареями в удаленных местах, не имеющих доступа к электричеству, для хранения скоропортящихся продуктов, лекарств и других товаров в течение длительного периода времени. В другом исследовании [8] было установлено, что производительность солнечных холодильников достаточна для хранения вакцин даже в очень жарком климате при правильном выборе оборудования и правильной их установке. Исследования показали, что солнечная энергия имеет большой потенциал для удовлетворения спроса на энергию при охлаждении и отоплении в жилых секторах.

Эксперименты. Эксперименты проводились с использованием пиранометра Kipp & Zonen CM 11 для измерения солнечной радиации на поверхности фотоэлектрической батареи, четырехканального цифрового термометра KIMO TM200U для измерения температуры окружающей среды и температуры камеры охлаждения, датчиков температуры PT100 для измерения температуры фотоэлектрической панели в разных точках.

Автономный холодильник на солнечных батареях состоит из четырех основных частей: фотоэлектрической батареи, блока управления, парокомпрессионной системы, накопительного бака. Схема системы представлена на рис.1.

Генерируемая в фотоэлектрической установке электрическая энергия распределяется на четыре парокомпрессионные системы через блок управления, реализующий определенный алгоритм управления. Накопительный бак имеет геометрическую форму «короб-в-коробе», наружная стенка короба теплоизолирована. Промежуток между двумя коробами заполняется водой для использования в качестве теплового резервуара, а внутренний короб используется как охлаждающая камера.

Испаритель парокомпрессионной системы расположен в зазоре между двумя коробами внутри воды. Фреон, протекающий через испаритель в жидкой фазе, поглощает тепловую энергию из окружающей среды, т. е. из воды, в которую погружен испаритель, в результате чего он испаряется и получается паровая фаза. Фреон в виде пара поступает в компрессор в виде пара низкого давления, где он сжимается, вызывая его перегрев. После компрессора теплоноситель перегретого пара высокого давления поступает в конденсатор, где отдает тепловую энергию окружающему воздуху, переходя в жидкую фазу. Сконденсированный теплоноситель с высоким давлением и температурой проходит через расширительный клапан, где его давление и температура резко падают, прежде чем снова попасть в испаритель. Энергия охлаждения, производимая в испарителе, используется для преобразования

воды в лед, так что энергия охлаждения накапливается для последующего использования, когда компрессор не будет работать.

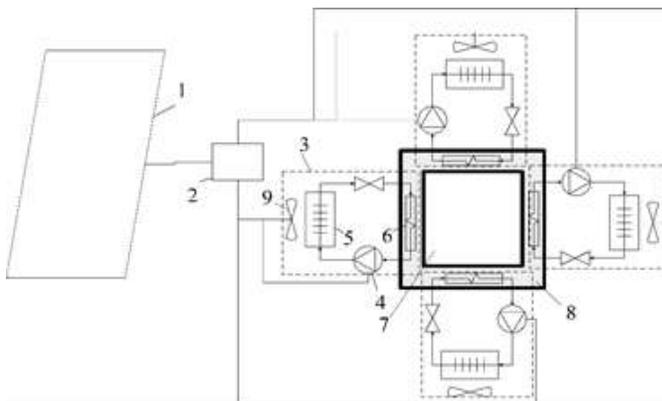
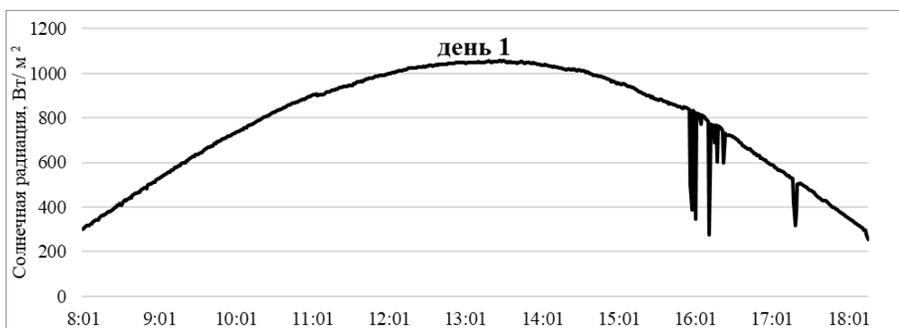


Рис.1. Схема холодильника на солнечных батареях:

1 – фотоэлектрическая батарея, 2 – блок управления, 3 – парокompрессионный контур, 4 – компрессор, 5 – конденсатор, 6 – испаритель, 7 – камера охлаждения, 8 – вода, 9 – охладитель конденсатора

Полученные результаты. Эксперименты проводились при различных погодных условиях с разным дневным профилем, чтобы оценить энергетическую производительность холодильника на солнечной энергии для разных условий. В данной работе анализируются результаты экспериментальных исследований для четырех специфических дней. Первый день имеет ясное небо с легкой облачностью и средней температурой окружающего воздуха 32°C , второй день имеет очень чистое небо со средней температурой окружающего воздуха 33°C , в то время как небо третьего дня частично облачное и средняя температура окружающей среды составляет 36°C , последний четвертый день имеет полностью облачное небо и средняя температура окружающей среды составляет 28°C .

Картина солнечного излучения, падающего на поверхность фотоэлектрической батареи для четырех дней, показана на рис.2.



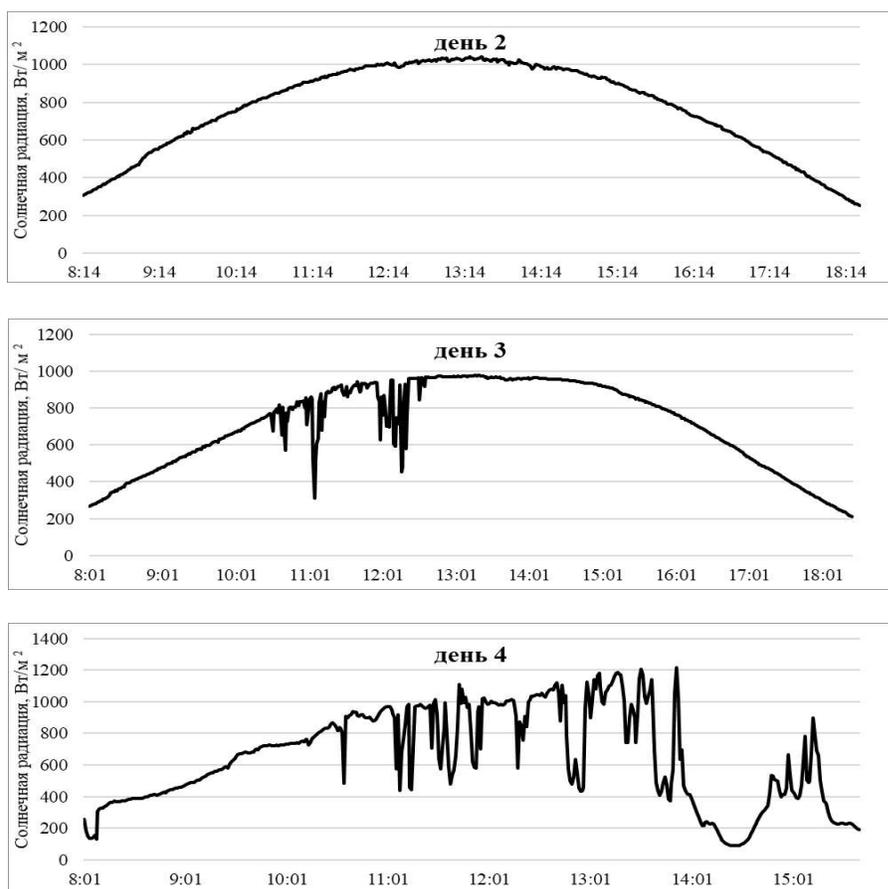


Рис. 2. Солнечная радиация в течение четырех характерных дней

На рис. 3 представлены ежедневные максимальные значения солнечной энергии, падающей на поверхность фотоэлектрической батареи, генерируемая электрическая энергия в фотоэлектрической батарее и произведенная полезная энергия охлаждения в течение дня, а также показана средняя температура окружающей среды.

Значения солнечной энергии на поверхности фотоэлектрической батареи и генерируемой электрической энергии определяются путем измерения с помощью специальных измерительных приборов, а количество выработанной полезной энергии охлаждения определяется путем умножения произведенной массы льда, измеренной в конце дня эксперимента внутри резервуара-накопителя, на его удельную теплоту плавления. Это означает, что полезная энергия охлаждения – это оставшаяся часть всей энергии, вырабатываемой парокомпрессионной системой после потерь тепла в аккумулирующей емкости, которая расходуется только на образование водяного льда.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

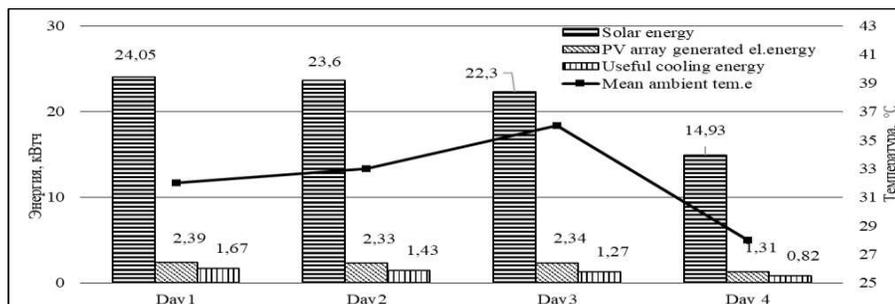


Рис. 3. Количество преобразованной энергии из одной формы в другую

Вывод. Вышеописанный холодильник на солнечных батареях имеет два этапа преобразования энергии: солнечная энергия в электрическую энергию на фотоэлектрической батарее и электрическая энергия в энергию охлаждения в парокомпрессионной системе. Результаты экспериментов показали, что первая ступень преобразования энергии имеет средний энергетический КПД 10 %, или 0,1-я часть солнечной энергии преобразуется в электрическую энергию, а вторая ступень преобразования энергии имеет средний энергетический КПД 62 %, что 0,62 части электрической энергии преобразуется в энергию холода в виде льда.

Кроме того, установлено, что температура окружающей среды также является решающим фактором для работы холодильника, работающего от солнечной энергии. Почти одинаковое количество электроэнергии потребляется компрессорами в 1-й и 3-й день при разнице температур окружающей среды 4°C . Однако энергетическая эффективность парокомпрессионной установки, работающей при более низкой температуре окружающего воздуха, на 31 % (1,67 кВтч против 1,27 кВтч) выше, чем у парокомпрессионной установки, работающей при более высокой температуре окружающего воздуха.

Литература

1. M.Shabani, E. Dahlquist, F. Wallin, and J. Yan, “Techno-economic impacts of battery performance models and control strategies on optimal design of a grid-connected PV system,” *Energy Convers Manag*, vol. 245, p. 114617, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.Enconman.2021.114617.
2. F.Andreolli, C. D’Alpaos, and M. Moretto, “Valuing investments in domestic PV-Battery Systems under uncertainty,” *Energy Econ*, vol. 106, p. 105721, Feb. 2022, doi: 10.1016/J.ENERCO.2021.105721.
3. E.Gul et al., “A techno-economic analysis of a solar PV and DC battery storage system for a community energy sharing,” *Energy*, vol. 244, p. 123191, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.Energy.2022.123191.
4. S.O. Enibe, “Solar refrigeration for rural applications,” *Renew Energy*, vol. 12, no. 2, pp. 157–167, Oct. 1997, doi: 10.1016/S0960-1481(97)00036-0.

5. G.M. Tina and A.D.Grasso. “Remote monitoring system for stand-alone photovoltaic power plants: The case study of a PV-powered outdoor refrigerator,” *Energy Convers Manag*, vol. 78, 2014, doi:10.1016/j.enconman.2013.08.065.

6. M. Raihan Uddin et al., “Energy analysis of a solar driven vaccine refrigerator using environment-friendly refrigerants for off-grid locations,” *Energy Conversion and Management: X*, vol. 11, p. 100095, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.ECMX.2021.100095.

7. P.J. Axaopoulos and M. P. Theodoridis. “Design and experimental performance of a PV Ice-maker without battery,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 8, pp. 1360–1369, Aug. 2009, doi: 10.1016/j.solener.2009.03.007.

8. S. McCarney, J. Robertson, J. Arnaud, K. Lorenson, and J. Lloyd, “Using solar-powered refrigeration for vaccine storage where other sources of reliable electricity are inadequate or costly,” *Vaccine*, vol. 31, no. 51. 2013. doi: 10.1016/j.vaccine.2013.07.076.

*Представлено Ташкентским государственным
техническим университетом*

УДК 691.316

**ЭЛЕКТР МОТОРЛАРНИНГ ИСТЕЪМОЛ ҚИЛАДИГАН ЭЛЕКТР ТОКИНИ
СПЕКТРИАЛ ТАХЛИЛИ АСОСИДА ТЕХНИК ҲОЛАТИНИ ДИАГНОСТИКА
ҚИЛИШ**

А.И. Каршибаев, Б.Ш. Нарзуллаев

Ушбу мақолада энергетик қурилмаларнинг истеъмол қиладиган электр токини спектрал тахлили асосида, уларнинг техник ҳолатини мунтазам равишда диагностика қилиш борасида олиб борилган тилмий тадқиқот ишларида келтирилган мавжуд усуллардан фарқли равишда, саноат ҳамда кончилик корхоналаридаги катта қувватли машина ва механизмларини ҳаракатга келтирувчи электр моторларнинг, истеъмол қиладиган электр токини, спектрал тахлили асосида техник ҳолатини диагностика қилиш тизимини такомиллаштириши усули келтирилган. Ишлаб чиқилган мазкур усул, ҳозирги кунда Навоий кон – металлургия комбинати АЖга қарашли ГМЗ – I заводидаги қуввати 2,5 МВт бўлган синхрон моторларининг иш жараёнида содир бўладиган, улранинг статори билан боғлиқ бўлган муаммоларнинг ечими учун долзарб ҳисобланади. Мазкур усулни амалиётга қўллашдан асосий мақсад, саноат, қишлоқ хўжалик ҳамда кончилик ишлаб чиқариши корхоналарининг иш фаолиятига таъсир кўрсатувчи салбий омиллар жумладан ишлаб чиқариши жараёнининг технологик циклини бузилиши, ишлаб чиқариши ускуналарининг режадан олдин таъмирга келиши билан боғлиқ бўлган иқтисодий сарф харажатларни ҳамда моторнинг статор чўлғамлари уланиши жойларида содир бўладиган ички носозликлари оқибатида, самарасиз истеъмол қилинадиган электр энергиясига кетган сарф-харажатларини сезиларли даражада камайтиришидир.

Калит сўзлар: *электр мотор, цикл, диагностика, механик кўрсаткич, электр кўрсаткич, электр технологик қурилма, статорчўлғами, қувват исрофи, подшипник, пўлат, магнитланиши, чўлғам изоляцияси, вибрация.*

В данной статье на основе спектрального анализа электрического тока, потребляемого энергетическими устройствами, в отличие от существующих методов, представленных в научно-исследовательских работах по систематической диагностике их технического состояния, определяется электрический ток, потребляемый электродвигателями, приводящими в движение энергоёмких машин и механизмов промышленных и горнодобывающих предприятий. Представлен метод совершенствования системы диагностики технического состояния на основе спектрального анализа. Разработанный метод в настоящее время актуален для решения проблем, связанных со статором синхронных двигателей мощностью 2,5 МВт во время его работы на заводе ГМЗ-1 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат». Основной целью применения данного метода является снижение негативных факторов, влияющих на работу промышленных, сельскохозяйственных и горнодобывающих предприятий, в том числе снижение

нарушений технологического цикла производственного процесса; уменьшение экономических затрат, связанных с досрочным ремонтом производственного оборудования, и неисправностей из-за внутренних отказов в точках соединения обмоток статора, значительное снижение неэффективного потребления электроэнергии.

Ключевые слова: электродвигатель, цикл, диагностика, механический индикатор, электрический индикатор, электротехнологическое устройство, обмотка статора, обмотка ротора, мощность рассеяния, подшипник, сталь, намагниченность, изоляция обмоток, вибрация.

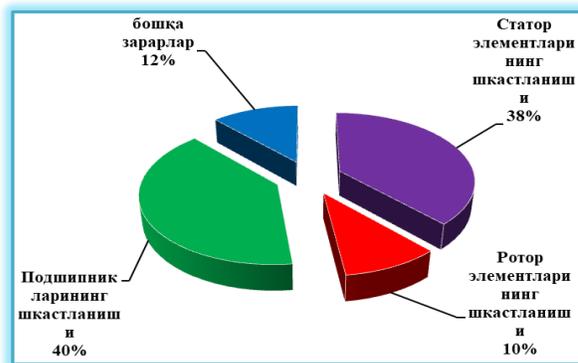
In this article, based on the spectral analysis of the electric current consumed by energy devices, in contrast to existing methods presented in research papers on the systematic diagnosis of their technical condition, the electric current consumed by electric motors that drive energy-intensive machines and mechanisms of industrial and mining enterprises. A method for improving the technical condition diagnostic system based on spectral analysis is presented. The developed method is currently relevant for solving problems associated with the stator of synchronous motors with a capacity of 2.5 MW during its operation at the GMZ-1 plant of Navoi Mining and Metallurgical Plant JSC. The main purpose of applying this method is to reduce negative factors affecting the operation of industrial, agricultural and mining enterprises, including violations of the technological cycle of the production process, economic costs associated with early repair of production equipment and the presence of malfunctions due to internal failures at the winding connection points. stator, a significant reduction in the cost of inefficient electricity consumption.

Key words: electric motor, cycle, diagnostics, mechanical indicator, electrical indicator, electrotechnological device, stator coil, rotor coil, power dissipation, bearing, steel, magnetization, coil insulation, vibration.

Кириш. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда катта қувватли электр энергия истеъмол қилувчи саноат, кончилик, қишлоқ хўжалик ва бошқа тармоқларида, электр станциялар томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергия истеъмолнинг 70 % дан ортиғи электр моторларига тўғри келади [1]. Шу сабабли бугунги кунда, электр моторларини эксплуатация қилиш жараёнида уларнинг самарали ишлашини таъминлаш, энергетик қурилмаларнинг электр энергия истеъмоли режимларини замонавий автоматлаштирилган электр тизимлар ёрдамида бошқаришни такомиллаштириш, уларнинг техник ҳолатини мунтазам равишда диагностика қилиш орқали электр моторларининг иш жараёнида содир бўладиган аварияларни эрта аниқлаб муддатдан олдин таъмирга келишини, ишлаб чиқариш циклини бузилишини олдини олиш, энергетик қурилмаларнинг таъмири учун кетадиган сарф-харажатларни сезиларли даражада камайтириш, қолаверса электр энергиядан оқилона фойдаланиш ҳамда энергия ва ресурсларни тежашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Асосий қисм. Бугунги кунда саноат ҳамда кончилик корхоналаридаги катта қувватли машина ва механизмларни ҳаракатга келтиришда асосан синхрон моторларидан кенг кўламда фойдаланиб келинмоқда [2]. Бироқ улардан самарали фойдаланишда юқори зарар даражаси тўсқинлик қилади, бу кўрсаткич ҳар йили ўрнатилган электр моторларнинг умумий сонининг 25% ни ташкил қилади [3]. Синхрон моторларининг ишлаш жараёнида содир бўладиган турли хил авариялар туфайли электр моторлар яроқсиз ҳолатга келиши мумкин, бу эса уларнинг муддатдан олдин таъмирга келишига олиб келади [4]. Синхрон моторларининг ишлаш жараёнида содир бўладиган авариялар оқибатида юзага келадиган шикастланишлар кўрсаткичлари қуйидагича тақсимланган (1 – расм).

- статор элементларининг шикастланиши - 38 %;
- ротор элементларининг шикастланиши – 10%;
- подшипникларининг шикастланиши – 40%;
- бошқа зарарлар - 12%.



1 – расм. Синхрон моторларининг ишлаш жараёнида содир бўладиган авариялар оқибатида юзага келадиган шикастланишларнинг тақсимланиш диаграммаси

Юқорида айтиб ўтилган шикастланишлар, кўп ҳолларда синхрон моторларининг ишга яроқсиз яъни уларни тузатиб бўлмайдиган оқибатларга олиб келиши мумкин. Шунинг учун уларнинг техник ҳолатини тизимли равишда диагностика қилиш зарур бўлади [5]. Синхрон моторларнинг иш режимларида ёки қисқа муддатли тўхташларида моторнинг истеъмол қиладиган электр токини спектриал таҳлили ҳамда иш жараёнини мунтазам равишда мониторинг қилиш асосида уларнинг техник ҳолатини тезкор диагностика қилиш, моторнинг ички статор чўлғамлари билан боғлиқ бўлган нуқсонларни эрта аниқлаш ҳамда келиб чиққан зарарларни бартараф этиш учун мўлжалланган [6].

Истеъмол қилинадиган электр токининг спектриал таҳлил қилишга асосланган диагностика усули электр моторининг электр ёки механик қисми ва тегишли механизмнинг ишлашидаги ҳар қандай бузилишлар бўшлиқдаги магнит оқимнинг ўзгаришига олиб келади [7]. Таклиф этилётган усул бизга қуйидаги носозликлар ва шикастланишлар мавжудлигини аниқлаш имконини беради [8].

- Статор чўлғамларининг қисқа туташуш ҳолатлари;
- статор сим ўрамлари изоляциясини;
- подшипникларининг шкастланиши;
- валларнинг нотўғри жойлашиши ва оғиши;
- ротор номутоносиблиги;
- электр моторнинг маҳкамлаш элементларининг бўшаши;
- электр моторларга уланган механик қисмдаги нуқсонлар.

Зарар даражасини аниқлаш бешта функционал градация бўйича амалга оширилади [9];

- 1-зарар йўқ;
- 2-заиф даражадаги аниқланган зарар;
- 3-ўрта даражадаги зарар аниқланади;
- 4-юқори даражадаги зарар аниқланади;
- 5-жиддий зарар аниқланади.

Тизимли ўлчовларни амалга оширишда диагностика маълумотлар базаси автоматик равишда яратилади, бу зарарни ривожланиш динамикасини кузатиш ва техник хизмат кўрсатиш ҳамда таъмирлашни режалаштириш учун ускунанинг қолдиқ ресурсларини баҳолаш имконини беради [11].

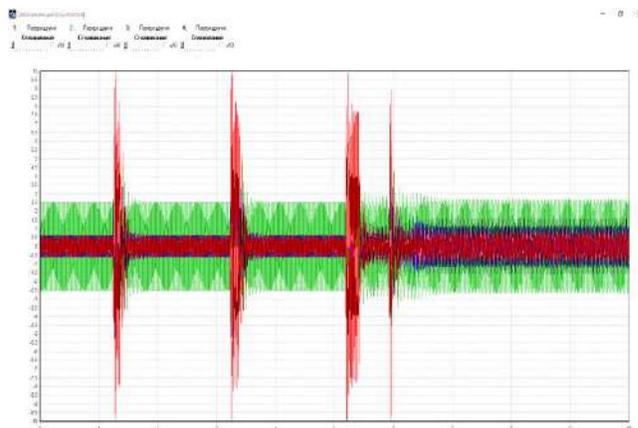
Таклиф этилаётган усулнинг муҳим афзаллиги шундаки, истеъмол қилинадиган электр тоқини кузатиш тўғридан – тўғри электр моторнинг терминалларида ҳам, қувват ёки бошқарув панелида ҳам амалга оширилиши мумкин, бунда электр моторнинг ишлаш режими ўзгармайди [10]. Комплекс таркибига чизиқли частотали ток сенсори, сигнал конденсионери, аналог рақамли конвертор ҳамда маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш учун махсус дастурий таъминот киради. Жорий сигнал камида 0,01-0,02 Gts частота ўлчамлари билан спектриал таҳлилни ўтказиш учун зарур бўлган вақт давомида қайт этилади [13]. АДС томонидан рақамланган маълумотлар RS-485 канали орқали шахсий компьютерга узатилади, бу ерда олинган маълумотларнинг таҳлили ва жорий сигналнинг махсус спектриал таҳлили амалга оширилади [12]. Вазият диагностикаси восита оқимининг спектрида маълум бир қийматга эга бўлган характерли частотали компонентларнинг мавжудлиги билан белгиланади, бу электр моторининг электр ёки механик қурилмага зарар етказганлигини кўрсатади [14].

Мазкур мақолада Навоий кон – металлургия комбинати АЖга қарашли ГМЗ – 1 даги рудаларни майдалаб эзиш ишларини амалга оширишда фойдаланилиб келаётган тегирмоннинг ишчи механизмларини ҳаракатга келтирувчи қуввати 2,5 МВт бўлган синхрон моторларининг электр тоқи истеъмолининг спектриал таҳлили натижалари кўрсатилган (2-расм). Бунда статор чўлғамларининг А фазасидаги чўлғам ўрамларининг уланган жойида қисқа туташув жараёнлари келтирилган бўлиб, қизил ранг А фазани, яшил ранг В фазани ҳамда кўк ранг С фазани билдиради.

2 – расмдан кўришимиз мумкинки, статор чўлғамларининг А фазасида қисқа туташув содир бўлганда истеъмол қилинадиган токнинг ҳаракати ўзгаради, бунда графикка эътибор қиладиган бўлсак, нуқсон бор жойда қизил чизиқ хажми катталашган графикнинг бу кўринишидан статор чўлғамларининг А фазасида қисқа

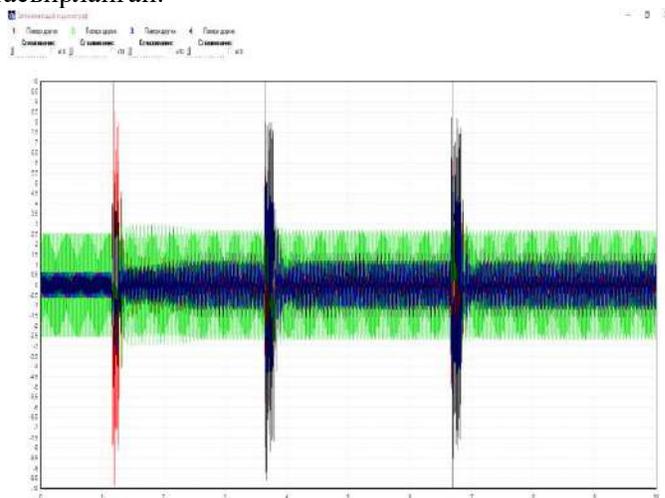
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

туташув жараёни содир бўлаётганини кўришимиз мумкин. Қачонки содир бўлган авария бартараф этилгандан сўнг А фазасидаги токнинг харакати аввалги ҳолатига қайтади.



2-расм. Синхрон мотор статор чўлғамларининг А фазасида содир бўлган қиска туташув жараёнини бош компьютер экранида кўриниши

2 – расмда горизантал йўналишда вақт бўйича қараганда 6-соатдан кейинги фаза тоқларининг нормал харакати яъни содир бўлган авария бартараф этилгандан кейинги ҳолат тасвирланган.



3-расм. Синхрон мотор статор чўлғамларининг В ва С фазаларида содир бўлган қиска туташув жараёнининг бош компьютер экранида кўриниши

3 – расмда келтирилган графикда, статор чўлғамларининг В ва С фазаларида қиска туташув содир бўлганда истеъмол қилинадиган токнинг харакатининг ўзгариш графиги келтирилган, бунда графикка эътибор қиладиган бўлсак, нуқсон бор жойда

кўк ва яшил чизик хажми катталашган графикнинг бу кўринишидан статор чўлғамларининг В ва С фазасида қисқа туташув жараёни содир бўлаётганини кўришимиз мумкин. Қачонки, содир бўлган авария бартараф этилгандан сўнг В ва С фазалардаги токнинг ҳаракати аввалги ҳолатига қайтади, 3 – расмда горизантал йўналишда вақт бўйича қараганда 6,8-соатдан кейинги фаза тоқларининг нормал ҳаракати яъни содир бўлган авария бартараф этилгандан кейинги ҳолат тасвирланган.

Оқимнинг спектриал таҳлилига кўшимча равишда электр мотор кучланишини кузатиш тавсия этилади, бу унинг ассиметриясини, юқори гармоник компонентлар ва хаддан ташқари кучланиш имплусларининг мавжудлигини яъни хизмат муддатига бевосита таъсир кўрсатадиган омилларни аниқлашга ҳамда электр моторнинг самарадорлигини ошириш имконини беради.

Хулоса. Синхрон моторларнинг истеъмол қиладиган электр тоқини спектриал таҳлилига асосланган ҳолда моторларнинг техник ҳолатини диагностика қилиш ҳамда баҳолаш, моторнинг иш жараёнларида содир бўладиган аварияларни олдиндан аниқлаб бартараф этиш, моторнинг ишда ишончилигини ошириш уларнинг муддатдан олдин таъмирга келиш ҳолатларини камайтириш, шу билан бир қаторда техник ҳолати билан боғлиқ бўлган сарф – харажатлар ҳамда самарасиз электр энергия истеъмолига кетадиган иқтисодий харажатларини камайтириш ва энергия ресурсларни тежаш имконини беради.

Адабиёт

1. Аллаев К.Р., Хошимов Ф.А. Энергосбережение на промышленных предприятиях. - Т.: Фан, 2011: -207 с.
2. Қаршибаев А.И., Нарзуллаев Б.Ш., Муродов Х.Ш. Models and methods of optimization of electricity consumption control in industrial enterprises // APITECH II Journal of Physics: Conference Series 2020.
3. Қаршибаев А.И., Нарзуллаев Б.Ш., Расулова Б.И. Саноат корхоналаридаги электр энергия истеъмолчиларининг иш режимларини ахборот-мантиқий схема ёрдамида бошқариш. // Кончилик хабарномаси журнали. 2020 й. 2-сон.
4. Қаршибаев А.И., Нарзуллаев Б.Ш. Энергетик қурилмаларнинг қизиш ҳароратини ҳисоблаш орқали уларнинг техник ҳолатини диагностика қилиш тизимини такомиллаштириш. // Кончилик хабарномаси журнали. 2022 й. 4-сон.
5. Нарзуллаев Б.Ш. Синхрон моторларнинг энерго-механик кўрсаткичлари асосида қизиш ҳароратини ҳисоблаш. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги. Компютер дастурини расмий рўйхатдан ўтказиш тўғрисидаги гувоҳнома № ДГУ 21014. 12.12.2022.
6. Qarshibaev A.I., Narzullayev B.Sh. Diagnostics of the Technical Condition of Energy Devices based on the Monitoring of Phase Voltages and Currents. // Journal of Pharmaceutical Negative Results. Volume 13. Special Issue 8 - 2022.
7. Қаршибаев А.И., Нарзуллаев Б.Ш., Суяров О.Т., Расулова Б.И. Саноат корхоналарининг энергия самарадорлигини баҳолаш. // Специальный выпуск: Проблемы энерго и ресурсосбережения. - Тошкент: 2019.

8. Karshibaev A.I., Narzullaev B.Sh. Saving Energy and Resources through Electric Power Consumers Management // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 6, June 2019.

9. Karshibaev A.I., Narzullaev B.Sh. Improving planning, operational management and accountability for energy consumption in Uzbekistan's industrial plants. // International journal of advanced research in science engineering and technology. – Индия, 2019. - №6. – С. 11086-11088.

10. Нарзуллаев Б.Ш. Асинхрон моторларнинг энерго-механик кўрсаткичларини мониторинг асосида техник ҳолатини диагностика қилиши. // Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси –Тошкент, 2022.

11. Бабурин С.В., Жуковский В.Л., Коржев А.А., Кривенко А.В., Плеханова Г.В. Современные методы неразрушающего контроля и диагностики технического состояния электроприводов горных машин / С.-Петербург. гос. горн. ин-т им. – СПб., 2009. – 163 с.

12. Тонких В.Г. Метод диагностики асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве на основе анализа их внешнего магнитного поля. – Барнаул, 2009. – 181 с.

13. Петухов В. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока // Новости Электротехники. – 2005. – № 1 (31). – С. 23–28.

14. Thorsen V., Dalva M. Condition Monitoring Methods, Failure Identification and Analysis for High Voltage Motors in Petrochemical Industry / University of Cambridge. – 1997. – № 444. – С. 1–13.

*Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар
университети томонидан тақдим этилган*

УДК 621.323

ҚИШЛОҚ ХҲЖАЛИГИ ҚОРХОНАЛАРИДА ЕМ МАЙДАЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ АСИНХРОН МОТОРИНИ СТАТИК ВА ДИНАМИК РЕЖИМЛАРИДА ЭНЕРГИЯ ТЕЖАШ ТАҲЛИЛИ

Н.Б. Пирматов, А.Т. Паноев

Ушбу мақолада ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон электр моторининг тезлигини частотали усулда бошқариб энергия тежамкорлигига эришиши келтирилган. Частотавий бошқариш тежамлидир, чунки у асинхрон моторнинг тезлигини ростлаш ҳисобига фойдали иш коэффициентини ошириш ва қувват исрофини камайтиришни таъминлайди. Ем майдалаш қурилмаларини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилиши кўрсатилган бўлиб, у автомат ва мотор орасида ўрнатилади ва моторнинг айланиш частотасини бошқаради. Электр моторининг тезлигини ўзгартириш учун илгари тишли узатма (шестерёнка) редукторлардан фойдаланилар эди. Бу эса ўз навбатида турли қийинчиликлар келтириб чиқарган. Ишлаб чиқариш технологияларни ўзига хос томонларидан келиб чиққан ҳолда электр моторининг айланиш сонини камайтириш ёки кўпайтиришга тўғри келса, электр юритмада қўшимча механизмлардан фойдаланиш, ўз навбатида электр моторнинг қувватини ошишига олиб келган. Частота ўзгартгичлар ёрдамида бевосита, электр мотор частотасини ўзгартириб айланишлар сонини назорат қилиш мумкин. Бу усулнинг қулайликларидан бири шундаки ток ва айланувчи момент ўртасида мустаҳкам боғлиқлик бўлгани боис, частота ўзгартгич моторни ишга тушириш вақтида ишга тушириш токни пасайтириш имконини беради. Моторни ишга тушириш вақтида мотор силлиқ ишга тушади ва ишга тушириш вақтида электр энергияси тежалади.

Калит сўзлар: энергия тежамкорлик, электр юритма, частота ўзгартгич, оптимал бошқарув, энергетик мезонлар, ишчи механизмлар, энергия самарадорлик, бошқарув тизимлари, фойдали иш коэффициенти, қувват коэффициенти.

В статье приведены данные о достижении энергоэффективности за счет частотного управления скорости асинхронного электродвигателя оборудования для измельчения кормов. Частотное управление является берегающим, поскольку повышает коэффициент полезного действия асинхронного двигателя за счет регулирования скорости асинхронного мотора и снижает потери мощности. Показано выполнение пуска и управления оборудования для измельчения кормов применением преобразователя частоты, который устанавливается между автоматом и мотором и регулирует частоту вращения мотора. Ранее для изменения скорости электродвигателя использовались шестеренчатые редукторы, что, в свою очередь, приводило к возникновению различных трудностей. В случае необходимости уменьшения или увеличения числа оборотов электродвигателя в связи с особенностями технологии производства, применение дополнительных механизмов в

электроприводе, в свою очередь, приводило к увеличению мощности электромотора. С помощью частотных преобразователей можно напрямую регулировать число оборотов, изменяя частоту вращения электродвигателя. Одним из преимуществ данного метода является то, что, поскольку ток и крутящий момент тесно взаимосвязаны, преобразователь частоты позволяет уменьшить пусковой ток при запуске мотора. При запуске мотор запускается плавно, что позволяет сберечь электроэнергию во время запуска.

Ключевые слова: энергосбережение, электропривод, преобразователь частоты, оптимальное управление, энергетические критерии, рабочие механизмы, энергоэффективность, системы управления, КПД и коэффициент мощности.

In this article, covers the way of the achievement of energy efficiency through frequency control of the speed of asynchronous electric motor of feed grinding equipment. Frequency control is saving because it improves the efficiency of the induction motor by rectifying the speed of the induction motor and reduces power loss. It is shown how to start and control the equipment for grinding feed using a frequency converter, which is installed between the machine and the motor and controls the speed of the motor. Previously, front gearboxes were used to change the speed of the electric motor, which, in turn, led to various difficulties. If it is necessary to reduce or increase the number of revolutions of the electric motor due to the peculiarities of the production technology, the use of additional mechanisms in the electric drive, in turn, led to an increase in the power of the electric motor. With the help of frequency converters, the speed can be directly controlled by changing the frequency of the electric motor. One of the advantages of this method is that since current and torque are closely related, the frequency converter can reduce the starting current when starting the motor. When starting, the motor starts smoothly, which saves energy during startup.

Key words: energy saving, electric drive, frequency converter, optimal control, energy criteria, operating mechanisms, energy efficiency, control systems, efficiency and power factor

Кириш. Бизларга маълумки ҳозирги вақтда Республикамизда кишлок хўжалиги соҳаси борган сари такомиллашиб, ривожланиб бормоқда. Ҳозирги кунда кишлок хўжалигида қўлланилаётган ем майдалаш қурилмаларидан фойдаланиш ҳамда унга бўлган эҳтиёжлар йилдан-йилга ошиб бормоқда. Маълумки электр станциялар томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергия истеъмолининг 70 – 80 фоизи электр моторларига тўғри келади [2]. Шу сабабли бугунги кунда, ем майдалаш қурилмаларида қўлланиладиган асинхрон электр моторларини эксплуатация қилиш жараёнида уларнинг самарали ишлашини таъминлаш, энергетик қурилмаларнинг электр энергия истеъмоли режимларини замонавий автоматлаштирилган электр тизимлар ёрдамида бошқаришни такомиллаштириш, ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторларининг иш жараёнида содир бўладиган қисқа туташувларни олдини олиш, энергетик қурилмаларнинг таъмири учун кетадиган сарф-харажатларни сезиларли даражада камайтириш, қолаверса электр энергиядан

оқилона фойдаланиш ҳамда энергия ва ресурсларни тежашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шунинг учун ҳам ем майдалаш қурилмаларини эксплуатация қилиш жараёнида энергия тежамкор усуллар орқали эксплуатация қилиш ҳозирги куннинг долзарб муаммоларидан бири ҳисобланилади [6].

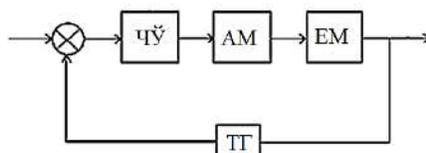
Асосий қисм. Ҳозирги кунда “Пахта селекцияси, уруғчилиги етиштириш агротехнологиялари илмий тадқиқот институти Бухоро илмий тажриба станцияси (ПСУЕАИТИ Бухоро ИТС)” да корхонаси мисолида қўлланилиб келинаётган Украина давлатида ишлаб чиқарилган КДУ-2;0-1 типдаги универсал ем майдалаш қурилмасини оладиган бўлсак, бунда бу ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини бир неча усуллар ёрдамида юргизиш мумкин. Бу универсал ем майдалаш қурилмаси билан маккажўхори уруғи, беда пояси, буғдой сомони, буғдой, тарик, арпа, маккажўхори пояси, гўзапоя, маккажўхори сўтасини майдалашимиз ва бошқа барча қишлоқ хўжалигида етиштириладиган уруғларни ҳам майдалаш имкониятига эга. Бу универсал ем майдалаш қурилмасидан фойдаланганимизда, майдалаш қурилмасининг асинхрон моторида жуда катта ток сакрашлари ҳосил бўлади, уни ишга тушириш токи ёки тормозланган ротордаги ток деб номланади, бундан ташқари емларни ёки пояларни бирданига кўп кетиб қолган вақтда, майдалагичнинг асинхрон моторининг айланиш тезлиги пасайиб, юкламаси ошиб кетиши натижасида моторнинг ишлаш муддати қисқаради. Универсал ем майдалагичнинг асинхрон мотори чулғамлари қизиши натижасида куйиш ҳолатлари ва реактив қувват истеъмол қилишига, электр энергиясининг жуда кўп исроф қилинишига олиб келади. Универсал майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини ишга тушириш жараёнида, ишга тушириш токи номинал токидан 5-10 баробар юқори бўлади [1]. Қисқа муддат таъсир қилади, тезлашиб олганидан сўнг эса, асинхрон мотордаги ток минимал қийматга тушиб кетади. Шунинг учун бу универсал ем майдалаш қурилмасини эксплуатация қилиш жараёнида, қурилманинг асинхрон моторини ишга тушириш токини камайтириш, айланиш тезлигини юклагама мос равишда барқарор иш режимида ишлашини таъминлаш, реактив қувватини қоплаш, таъминот кучланишини стабиллаштириш учун ҳамда электр энергиясини тежаш мақсадида, ишга туширишнинг қуйидаги усулларидан фойдаланилади. Шу усуллардан бири бу универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини тезлигини частота ўзгартгич ёрдамида бошқариш усули ҳисобланилади [4-8]. Бу универсал ем майдалаш қурилмасини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилади, у автомат ва асинхрон мотор орасида ўрнатилади ва асинхрон моторнинг айланиш частотаси частота ўзгартгич орқали бошқарилади, қўшимча тарзда электр энергия тежалишига олиб келади [3-11]. Ўтказилган тажрибалар 1-расмда кўрсатилган.

Бунда универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилади. Тезлиги частотани ўзгартириб ростланадиган асинхрон электр юритмаларни статик режимларида электр энергиядан иқтисод қилиш билан бир қаторда динамик режимларида ҳам электр энергиядан самарали фойдаланиш мумкин [5-10].



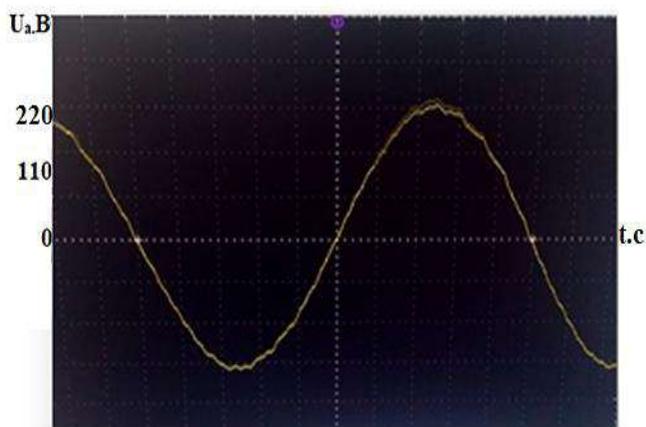
1-расм. Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини частота ўзгартгич орқали бошқариш

Универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини тўғридан тўғри-тармоқ кучланишини бошқармасдан ишга тушириш вақтида ишга тушириш токининг номинал статор токига нисбатан 5 – 10 марта катта бўлиши статор чулғамида электр энергия исрофини ошиб кетишига олиб келади, агар асинхрон мотор ва ишчи механизмларнинг инерцион моменти катта бўлса, ўтиш жараёни жуда узок давом этади [1]. Натижада статор чулғами изоляциясининг руҳсат этилган ҳароратидан юқори даражада қизишига олиб келиши ва изоляциянинг ишдан чиқишига олиб келади. Шунинг учун ҳам универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторларини эксплуатация қилиш жараёнида асинхрон моторининг айланиш тезлигини частотани ўзгартириб ростланадиган асинхрон моторларни ишга туширишда частотани маълум қонуният бўйича бошқариб ишга тушириш, статор токининг ўта ошиб кетишидан сақлайди ва шунда ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон мотори иссиқлик режими бўйича нормал ишга туширилади [7-12]. Маълумки, универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини тўғридан-тўғри ишга тушириш вақтида катта электр магнит моментлари ва тоқлар юзага келади. Электр магнит моментларнинг катта амплитудали силтанишлари асинхрон мотор статор чулғамида хавфли динамик юкланишларни ҳосил қилиши мумкин ва шунингдек, электр юритманинг кинематик занжирларида механик зўриқишларни юзага келтириши ҳам мумкин [8-11]. Шунинг учун ҳам универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини ишга тушириш ва тўхтатишларнинг силлик кечишини таъминлашда, яъни катта динамик зўриқишларни пайдо бўлишига йўл қўйилмаслик асинхрон моторининг ишлаш муддатини узайтиради [1]. 2-расмда универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини частота ўзгартгич орқали бошқаришнинг ёпиқ функционал схемаси кўрсатилган.



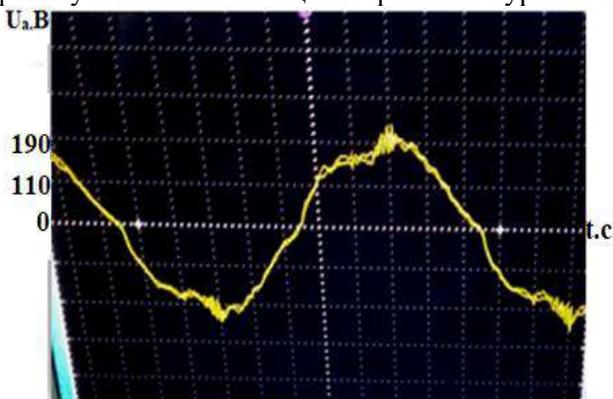
2-расм. Универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини частотали бошқаришнинг ёпиқ функционал схемаси: ЧЎ- частота ўзгартгич, АД- асинхрон мотор, ТГ- тахогенератор, ЕМ - ем майдалаш қурилмаси

Биз универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторида тажриба таджикотлар ўтказиш жараёнида энергия тежамкорлигига эришиш мумкинлигини аниқладик [9-13]. Бунда биринчи ҳолатда универсал ем майдалаш қурилмасининг қуввати $P=30$ кВт, айланиш тезлиги $n=2885$ айл/мин бўлган асинхрон моторининг салт ишлаш режимидаги фаза кучланишининг осциллограммаси олинган (3-расм).



3-расм. Ем майдалаш қурилмасининг қуввати $P=30$ кВт, айланиш тезлиги $n=2885$ айл/мин бўлган асинхрон моторининг салт ишлаш режимидаги фаза кучланишининг осциллограммаси

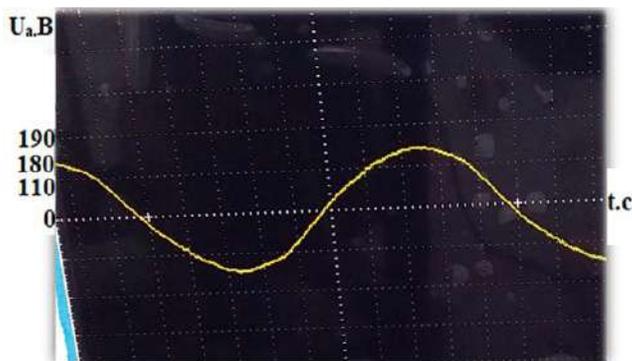
Бундан шуни кўриш мумкинки бу режимда фаза кучланишининг ўзгариши синусоида шаклда. Демак универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторида энергия истеъмоли меёрида истеъмол қилаётганлигини кўриш мумкин. Кейинги осциллограммада худди шу кучланишдаги ва худди шу қувватдаги универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини юклама режимида ишлаш жараёнидаги фаза кучланишининг осциллограммаси кўрсатилган (4-расм).



4-расм. Ем майдалаш қурилмасининг қуввати $P=30$ кВт, айланиш тезлиги $n=2885$ айл/мин бўлган асинхрон моторининг юклама режимидаги фаза кучланишининг осциллограммаси

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Осциллограммадан шуни кўриш мумкинки, графикда фаза кучланишининг шакли синусоида шаклига нисбатан бузилган, чунки юкори гармоникалар пайдо бўлганлиги учун [14]. Демак синусоида шакли узгарган, демак реактив қувват истеъмоли меёридан ошиб кетади, яъни универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторида энергия истеъмоли меёрида эмас [10-12]. Шу сабабли электр энергияси жуда кўп сарф бўлаётганлигини билиш мумкин. Кейинги осциллограммада (5-расм) худди шу кучланишдаги ва худди шу қувватдаги универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон мотори юклама режимида частота ўзгартгич уланган хол учун фаза кучланишининг осциллограммаси кўрсатилган.



5-расм. Ем майдалаш қурилмасининг қуввати $P=30$ кВт, айланиш тезлиги $n=2885$ айл/мин бўлган асинхрон моторининг юклама частота ўзгартгич уланган хол учун фаза кучланишининг осциллограммаси

Бундан шуни кўриш мумкинки графикда юкори гармоникалар йўқолганлиги ва фаза кучланишининг шакли синусоидага яқин бўлганлиги аниқланди. Натижада энергия истеъмоли кам сарфланганлигидан далолат беради.

Хулоса. “Пахта селекцияси, уруғчилиги етиштириш агротехнологиялари илмий тадқиқот институти Бухоро илмий тажриба станцияси (ПСУЕАИТИ Бухоро ИТС)”да корхонаси мисолида қўлланилиб келинаётган Украина давлатида ишлаб чиқарилган КДУ-2;0-1 типдаги универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини эксплуатация қилиш жараёнида статик ва динамик режимини оптимал бошқарилишига эришилди, яъни частотавий бошқариш орқали электр энергия истеъмоли тежалишига, асинхрон мотор тезлигини ростлашга, электр юритмани силлиқ ишга тушириб, тўхтатиш орқали электр юритма ФИК ни ошишига ва асинхрон моторнинг қувват исрофини камайтиришни таъминланишига эришилди. Ем майдалаш қурилмасининг асинхрон электр юритма частота ўзгарткичида тезликни ростлаш жараёнида кучланишни ростлаш векторли усулда амалга оширилиши, тезликни аниқ даражада бўлишини таъминлайди. Электр юритманинг ишончли ишлашини, частотанинг кичик қийматларида моментни оширишини ва динамик исрофларнинг камайиши шартлари тўлиқ бажарилишига эришилди.

Адабиёт

1. Аллаев Қ.Р. Электромеханик ўткинчи жараёнлар. Ўқув қўлланма.-Т.: “Молия” нашриёти, 2007 йил. - 272 б.
2. Baratov R, Pirmatov N, Panoev A, ChulliyevYa, Ruziyev S and Mustafoqulov A. Achievement of electric energy savings through controlling frequency convertor in the operation process of asynchronous motors in textile enterprises IPICSE 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012161 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012161.
3. Имомназаров А.Т. Асинхрон моторларнинг минимум қувват исрофи режимида ишлаши асослари // Тош ДТУ хабарлари. – Тошкент, 2005, № 2, 33 – 38 б.
4. Ҳошимов О.О., Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. – Тошкент: «ЎАЖБНТ» Маркази, 2004, 96 б.
5. Pirmatov N., Panoev A. Frequency control of asynchronous motors of looms of textile enterprises E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01120.
6. Baratov R., Pirmatov N. Low - Speed generator with permanent magnets and additional windings in the rotor for small power wind plants and micro hydro power plants IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 883(1), 012183.
7. Авербах И.А., Барац Е.И., Браславский И.Я., Ишматов З.Ш. Электропривод и автоматизация промышленных установок как средства энергосбережения – Екатеринбург: Свердловск энергоназор, 2002. – 28 с.
8. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод /: Учеб. пособие для студ. высш. учеб.заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.– 256 с.
9. Аллаев Қ.Р., Хошимов Ф.А. Энергосбережение на промышленных предприятиях. - Т.: Фан, 2011: -207 с.
10. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т. / Под ред. Р.Т. Шрейнера. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока. – Новоуральск: НГТИ, 2001. - 250 с.
11. Хашимов А.А., Арипов Н.М. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод шелкотопания. Монография. Ташкент: ТГТУ, 2002. – 144 с.
12. Schneider Electric. Устройства плавного пуска и торможения Altistart 48. Каталог 2002. ART. 011237RU.
13. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для студ. вузов / Г.Б. Онищенко. – М.: РАСХН, 2003. – 320 с.

*Тошкент давлат техника университети ва
“ТИҚХММИ” МТУ Бухоро табиий ресурсларни
бошқариш институти томонидан тақдим этилган*

UDK 222.933.7

**BIR TURLI BO‘LMAGAN ELEKTR TARMOQLARINING IQTISODIY ISH
REJIMLARI**

A.N. Rasulov, B.M. Husanov, W.Q. Worazbaev

Maqolada bir turli bo‘lmagan elektr tarmoqlarining ish rejimlari ko‘rib, quvvatlarni iqtisodiy taqsimlanishiga erishish uchun kuchlanishni bo‘ylama-ko‘ndalang rostlash taklif etiladi. Reaktiv qarshilikni aktiv qarshilikga nisbati uchastkalariga qarab har xil qiymatga ega bo‘lgan ta‘minlovchi va taqsimlovchi tarmoqlarning iqtisodiy ishlashini oshirish chora-tadbirlari keltiriladi.

Kalit so‘zlar. *kuchlanishni rostlash, EYUK, reaktiv quvvat kompensatsiya, taqsimlovchi tarmoq, ta‘minlovchi tarmoq.*

В статье рассматриваются режимы работы неоднородных электрических сетей, где для достижения экономического распределения мощностей предлагается продольно-поперечное регулирование напряжения. Приводятся мероприятия повышению экономичности работы питающих сетей в том числе неоднородных, где отношение реактивное сопротивление к активной на различных участках имеет разные значения.

Ключевые слова. *регулировка напряжения, ЭДС, компенсация реактивной мощности, распределительная сеть, питающая сеть.*

The article discusses the modes of operation of heterogeneous electrical networks, where longitudinal-transverse voltage regulation is proposed to achieve economic power distribution. Measures are given to improve the efficiency of the operation of supply networks, including heterogeneous ones, where the ratio of reactance to active resistance in different sections has different values.

Keywords. *voltage regulation, EMF, reactive power compensation, distribution network, supply network.*

Elektr tarmoqlarini normal sharoitda eng katta samarali ishlashi, kuchlanishni rostlanishi va elektr ta‘minoti tizimining barcha qismlarida reaktiv quvvatni optimal taqsimlanishi bilan erishiladi. Bunday rostlash va rejimni boshqarishning umumiy holatida berk konturga kiritilgan qo‘shimcha EYUK ning qiymati, bo‘ylama va ko‘ndalang rostlash va manbalar o‘rtasida reaktiv quvvatni taqsimlanishidan kuchlanish darajasiga bog‘liq bo‘lgan aktiv quvvat isrofining minimumi taminlanadi, ya‘ni:

$$\Delta P = f(U_k, E_{D.m}, Q_L) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Bunday masalani muvafiqiyatli yechimi kuchlanishni rostlash vositalarini yetarli miqdordaligi va reaktiv quvvatni kompensatsiyalashga bog‘liq. Elektr tarmoqlarida kuchlanishni andazali tizimda mustaqil rostlash va ta‘minlovchi va taqsimlovchi

tarmoqlarda reaktiv quvvatini taqsimlanishi hisoblanadi. Ammo bu holat, agar taqsimlovchi tarmoq, ta'minlovchi yuklama ostida rostlovchi (YOR) transformator bilan bog'langan bo'lsa, to'g'ri hisoblanadi [5,6,7].

Kuchlanish darajasini 1% ga ko'tarish, yuklamali quvvat isrofini (aktiv va reaktiv) 2% ga yaqin kamaytiradi, shunengdek liniya generatsiya qiladigan reaktiv quvvati kamaytiradi.

Har xil nominal kuchlanishlarni bog'laydigan avtotransformatorlar berk konturlarda yuqori darajali har xillikni, bu esa ularda noqulay quvvat taqsimotini va buning natijasida tarmoqning samarali ishlash rejimi va kuchlanish darajasi pasayadi.

Shuning uchun bir turli bo'lmagan elektr tarmoqlarida quvvatlar taqsimlanishini majburiy yaxshilash uchun maxsus tadbirlarni amalga oshirish talab etiladi [1,2].

Bir turli bo'lmagan, X/R ga nisbati tarmoq uchastkalarida har xil qiymatli, bir nechta pog'ona kuchlanishli berk konturga ulangan transformatorlarda katta induktivlik yuzaga kelishi uning iqtisodiy ish rejimlariga ta'sir etadi. Yuklamani $\cos\varphi$ da ($\cos\varphi > 0,8$) va tarmoqni bir turli bo'lmaganlik darajasi $X/R > 2$ holatida reaktiv quvvatini taqsimlanishi aktiv quvvatga nisbatan iqtisodiy hisoblanadi. Bunday tarmoqlarda umumiy o'tkazuvchanlik qobiliyati chegaralanadi, quvvat isrofi bir turli tarmoqlarga nisbatan katta bo'ladi. Bir turlilik darajasi ikki parallel elementlarida 5 marta farq qilsa aktiv ekvivalent qarashlik deyarli 50% ga kattalashib, tarmoqning quvvat isrofining o'sishiga sabab bo'ladi.[1] Quvvatni iqtisodiy taqsimlanishi uchun konturga quvvatni tabiiy taqsimlanishini o'zgartiruvchi tenglashtiruvchi quvvatni yuzaga keltiradigan qo'shimcha EYUK. ulash kerak. Buning uchun chulg'amlari tegishli ulanish sxemasiga ulanadigan ketma-ket rostlovchi transformator (KRT) ishlatiladi. Iqtisodiylikni ta'minlaydigan tenglashtiruvchi quvvat quydagi ifodadan aniqlanadi:

$$S_{\text{teng}} = I_{\text{teng}} \cdot \hat{U}_0 = \frac{E'_d U_0 e^{j\beta}}{Z_0 e^{j\varphi_0}} = \frac{E'_{\text{teng}} U_0 e^{\beta - \varphi_0}}{Z_0} \quad (2)$$

Agar $\beta=0$ (to'liq bo'ylamasiga rostlash); unda:

$$S'_{\text{teng}} = P'_{\text{teng}} - jQ'_{\text{teng}} = \frac{E'_d U_0 e^{-\varphi_0}}{Z_0} = \frac{E'_d U_0 \cos \varphi_0}{Z_0} - j \frac{E'_d U_0 \sin \varphi_0}{Z_0} \quad (3)$$

bu yerda $\frac{P'_{\text{teng}}}{Q'_{\text{teng}}} = \frac{R_0}{X_0}$.

Agar $\beta=90^\circ$ (to'liq kundalangiga rostlash); unda:

$$S''_{\text{teng}} = P''_{\text{teng}} - jQ''_{\text{teng}} = \frac{E''_d U_0 e^{j(90^\circ - \varphi_0)}}{Z_0} = \frac{E''_d U_0 \sin \varphi_0}{Z_0} + j \frac{E''_d U_0 \cos \varphi_0}{Z_0} \quad (4)$$

bu yerda $\frac{P''_{\text{teng}}}{Q''_{\text{teng}}} = \frac{X_0}{R_0}$.

(1)-(3) ifodalarda KRT o'rnatish nuqtasidagi haqiqiy o'q bilan qo'shilgan kuchlanish vektori; E_d -KRT ni to'liq EYUK. E'_d va E''_d bo'ylama va ko'ndalang EYUK); β -EYUK ni hususiy faza burchagi; Z_0 -berk konturning to'liq qarshiligi; $\varphi_0 = \arctg(X_0/R_0)$.

Keltirilgan munosabatlardan ko'rinadiki, berk elektr tarmoqlarida bo'ylama ko'ndalang rostdashlarida tenglashtiruvchi quvvat har xil qiymatlarga ega $S_{\text{teng}} \neq S''_{\text{teng}}$.

Bir turli bo'lmagan havo liniyalarida kuchlanishni bo'ylama rostdash asosan reaktiv quvvatni, ko'ndalang esa aktiv quvvatini taqsimlanishiga ta'sir ko'rsatadi. Bir turli bo'lmagan tarmoqlarda quvvatni iqtisodiy taqsimlanishiga erishish uchun kuchlanishni bo'ylama-ko'ndalang yoki ko'ndalangiga rostdash qo'llaniladi.

Bir turli bo'lmagan tarmoqlarda bo'ylamasiga kompensatsiya qurilmalarini ishlatib quvvatni iqtisodiy taqsimlanishiga erishish mumkin. Ushbu qurilmani X/R nisbati katta munosabatda bo'lgan uchastkalarga ulash bilan tarmoqni bir turli va quvvatni iqtisodiy taqsimlanishiga erishiladi.

KRT ni maksimal samaralik ishlatish uchun qo'shimcha EYUK qiymatini energetika tizimini rejimini o'zgarishiga qarab muntazam rostdashda iste'molchini yuklamali rejimi, va elektr stansiyalarini generatorlari kerak bo'ladi.

Rostlovchi va kompensatsiylovchi qurilmalarning (RQ va KQ) o'rnatish joyi va parametrlarini tanlash va uni ta'minlovchi bir turli bo'lmagan tarmoqlarda boshqarish qonuniyatini aniqlash optimallashtirishning murakkab vazifasi hisoblanadi. Elektr tarmoqlarida RK va KQ ni tanlashning mavjud usullari bitta berilgan, ko'pincha maksimal rejim uchun va keltirilgan xarajatlarning minimumi yoki quvvat isrofi bo'yicha bir kriteriyali optimallashtirishga asoslanadi.

Mavjud tarmoqlarda bir kriteriyali optimallashtirish cheklangan RQ va KQ ni o'rnatish joyini aniqlash talab etilganda eng ko'p qo'llaniladi. Bunda kapital harajatlar ahamiyatsiz hisoblanadi.

Umuman olganda, muayyan sharoitda ta'minlaydigan tarmoqlarning optimal ish rejimi asosiy uchta optimal omillar bilan aniqlanadi: liniya yuklamasi, tojlanishga bo'lgan kuchlanish darajasi va yuqori nominal kuchlanishli HL ni shuntlaydigan past nominal kuchlanishli tarmoqning ish rejimiga ta'siri.

Optimallashtirish kriteriya, ko'rilayotgan tarmoqda aktiv quvvat isrofi minimumi bo'lib, transformatsiya koeffitsientining optimal qiymatlarida elektr stansiyalari va energotizimining yuklamasiga bog'liq, ya'ni:

$$\Delta P = f(K_{t,l}, S_j) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Bu yerda S_j - muvozanatlovchidan tashqari energetika tizimi va bir qator elektr stansiyalarining yuklamasi; K_{ti} -qayd qilingan elektr stansiyalarining transformatsiya koeffitsientlari.

KRT ni qo'shimcha EYUK ni optimal kiritish burchagi bog'lovchi avto transformatorlar uchun quydagi ifodadan aniqlanadi:

$$\varphi = \arctg \frac{E''_d}{E'_d} \quad (6)$$

bu yerda

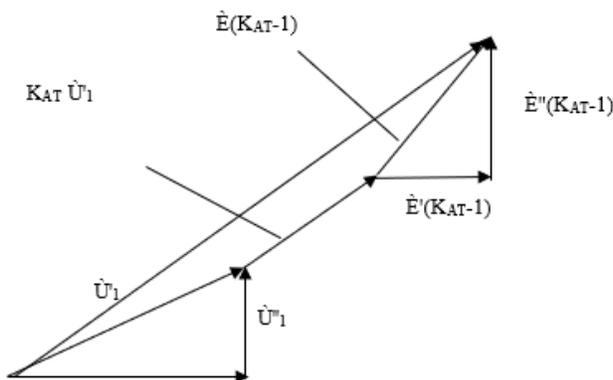
$$E_d = (K_{AT} \cdot \dot{U}_1 - \dot{U}_2) / (K_{AT} - 1)$$

\dot{U}_1 , \dot{U}_2 avtotransformatorning past va yuqori kuchlanishli tomonlaridagi kuchlanishning kompleks qiymatlari.

Optimal burchak φ ni grafik aniqlashning vektor diagrammasi 1- rasmda ko'rsatilgan

Olingan qiymat va burchakning belgisidan ko‘rinadiki, bo‘ylamali bog‘liq KRT yoki bog‘liq bo‘lmagan bo‘ylama - ko‘ndalang rostlashni qabul qilish mumkin.

Odatda, barcha nuqtalarga KRT ni o‘rnatish shart emas [4].



1-rasm. φ burchakni grafik aniqlashni vektor diagrammasi

Energetika tizimini rivojlantirishni istiqboli masalalari ko‘rilayotganda RQ va KQ ni o‘rnatish joyini optimallashtirishda har xil variantlarni bir nechta ko‘rsatkichlari tavsiflanishni ta‘minlash zarurligida kopleks yondashuv talab etiladi. Bir necha ko‘rsatkichlarni hisobga olib, eng avzal qarorni qabul qilishning asosiy bo‘lgan foydalilik nazariyasini ishlatish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Ruxsat etilgan ko‘plab qaror variantlarini shakllantirishda eksperimentni rejalashtirish omillari usulini, qachonki, o‘zgaruvchan omillar sifatida RQ va KQ ni ishlaydigan va ishlamaydigan holatlarini qo‘llash mumkin.

Bir nechta ko‘rsatkichlarni hisobga olib, eng afzalini tanlashda, qaror qabul qilish nazariyasining foydalirog‘i maqsadga muvofiqdir. Ko‘plab ruxsat etilgan echimlarni shakllantirishda holatli eksprementni rejalashtirish usuli, yani o‘zgaruvchan omillar uchun RQ va KQ ni ishlayotgan va ishlamayotgan holati ishlatiladi. Taassuf funksiyasi sifatida (baholash kriteriyasi) eng kam kapital harajatlar, elektr energiyasi isrofi, kuchlanish og‘ishidan keladigan zararlar, shunengdek elektr ta‘minoti tizimining maksimal uzluksiz ishlash ehtimoli qabul qilinadi.

Variantlar ko‘rsatkichlarning hammasi (optimallashtirish maqsadida) har xil o‘lchamli yoki ulchamsiz bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ularni qiyoslanadigan ko‘rinishga, ya‘ni nisbiy kattaliklarni beradigan shartli samaradorlik ko‘rsatkichini kiritish kerak.

Kriteriya shkalasini baholashda maqsadning ahamiyati bo‘yicha o‘tkazish maqsadga muvofiqdir va ularning yig‘indisi birga teng bo‘lishi kerak.

Maqsadning muhimligi, kollektiv yoki yakka tartibli bajariladigan ekspert baholash usuli bilan o‘rnatiladi. Bunda maqsadli vazifaning ahamiyatini ochiq aniqlashning imkoni bo‘lmaydi. Shuning uchun vazifalarning ehtimolligi, masalan bazavoy qiymatlarda va o‘zgarish chegaralari ko‘rilishi kerak. Ko‘rilayotgan vazifada foydalilik funksiyasi sifatida samaradorlik ko‘rsatkichlarining yig‘indisi sifatida umumiy samaradorlik ishlatiladi [5].

Elektr tarmoqlarida RQ va KQ ni oʻrnatish joyi va parametrlarini tanlashda ekspert baxolash va faktorli eksperimentni rejalashtirish usullari asosida, har xil variantlarning samaradorligini olishda muhim ahamiyatli talablarni hisobga olib, optimalga yaqin faktor va parametrlarni miqdoriy baholash optimallashtirish vazifalarini yechimi hisoblanadi [6,8,9].

Maqsadning ahamiyati V_i muhimlik koeffitsienti bilan tavsiflanadi. Maqsadning muhimligini baholashda normalashtirish shunday qilinadiki, ularning yigʻindisi birga teng boʻlsin. Baholashning belgilangan V_i tartibida ekspertlar tajribasi, shunengdek texnik hisoblarni ishlatish mumkin:

Har bir koʻrilayotgan variant yechimi j uchun har bir i maqsadga nisbatan uning samaradorligini aniqlash uchun hamma hisobiy parametrlarni standart koʻrinishiga, 0 dan 1 gacha qiymatlariga keltirish kerak, bu esa quyidagi ifodadan bajarilishi mumkin.

$$l_{ij} = \frac{K_{max,i} - K_{i,j}}{K_{max,i} - K_{min,i}} \quad (7)$$

bu yerda $K_{max,i}$, $K_{min,i}$ - koʻrilayotgan variantlardagi kuzatilayotgan K_i parametrlarining maksimal va minimal qiymatlari; $K_{i,j}$ - j variantdagi K_i parametrning qiymati.

Har bir variantning umumiy samaradorligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$B_i = \sum l_{ij} V_i \quad (8)$$

Optimal variant, $B_{max,j}$ li variant boʻladi. RQ va KQ ni joylashtirish variantlarini shakllantirishda mumkin boʻlgan aniq holatlarini koʻrishga erishish kerak.

Shunday qilib, RQ va KQ ni tarmoqqa regressiya tenglamasi koʻrinishida joylashtirish uchun optimallashtirish metodida, bir qator variantlarni tasvirlaydigan omillarga bogʻliq umumiy samaradorlikni olish mumkin.

Olingan optimallashtirish natijalari keltirilgan xarajatlar minimum variantidan farq qilishi mumkin.

Umumiy samaradorlik boʻyicha optimal variantni aniqlashni keltirilgan xarajatlar usulidan afzalligi, bunga kiradigan kattaliklarning nisbiy miqdori ekspert yoʻli bilan aniqlash murakkab boʻlmaydi, hisoblash aniqligi yuqori boʻladi.

Adabiyot

1. Великов В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Оптимизация режима электростанций и энергосистем.-М.: Энергомиздат, 1990.- 351 с.
2. Федин В. Т. Основы проектирования энергосистем: учебное пособие для студентов энергетических специальностей: в 2 ч. / В. Т. Федин, М. И. Фурсанов. – Минск: БНТУ, 2009. – Ч. 1. – 321 с.
3. Поспелов Г.Е. Электрические системы и цепи/ Г.Е. Поспелов, В.Т.Федин, П.В.Лычев. – Минск: Технопринт, 2004. -720 с.
4. Фурсанов М.И. О выборе оптимальных точек размыкания в городских электрических сетях в условиях SMART GRID/ М.И. Фурсанов, А.А. Золотой// Энергетика. Изв.высш.учеб.заведений и энерг.объединений СНГ. 2018. Т61, №3, 207-219 с.

5. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. -М.: Энергоатомиздат. 1986.
6. Н.С. Маркушевич, Л.А. Солдаткина. Качества напряжения в городских электрических сетях. -М.: Энергия, 1975. -286 с.
7. Ю.С.Желеско. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. -М.: Энергомиздат. 1981, -200 с.
8. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления. -М.: Энергомиздат 1986.
9. Rasulov A.N., Nazirova X.Z. Electric power losses in distribution networks 10, 6 and 0,4 kV // International journal of advanced research in science, engineering and technology ISSN: 2350-0328. Vol. 9, Issue 10, October 2022. PP. 19947-19950.
- 10.Расулов А.Н., Хуснетдинов С. Улучшение режимов напряжений электрических сетей с применением продольной емкостной компенсации // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. Тошкент, 2022. Махсус сон №81. 54-59 б.

*Toshkent davlat texnika universiteti
tomonidan taqdim etilgan*

UDK 614.814

**QURILISH MATERIALLARINING OLOVGA BARDOSHLILIK
HUSUSIYATLARINI OSHIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH**

O.T. Fayzullayev, G.M. Gulomova, M.B. Barotov

Maqolada hozirgi kunda zamonaviy bino va inshootlarni mustahkamliligini, olovbardoshliligini, tashqi muhitga chidamliligini oshirishda hamda energiya tejaydigan izolyatsiya materiallarining xususiyatlari tajriba asosida yoritilgan. Qurilishda yong'inga nisbatan hayfsiz bo'lgan materiallar – beton, temirbeton, tabiiy va sun'iy tosh materiallari bilan birga yong'in hayfsizligi yuqori bo'lgan polimerlar asosidagi materiallar qo'llaniladi. Hozirgi kunda dunyo bo'yicha qurilish sohasida energiya tejamkor, iqtisodiy jihatdan hamyonbop material va buyumlarga talab ortib bormoqda. Shuning uchun xam bino loyixasini yaratishda devorlarning joyi, ularning konstruktiv sxemasi va turini tanlashga katta e'tibor berish talab etiladi. Bundan tashqari mustaxkam, turg'un, fazoviy biki bo'lishi, bino klassiga to'g'ri keluvchi olovbardoshlik darajasiga mos, xona ichida ma'lum harorat va namlik rejimini ta'minlash, tovushdan yetarli darajada izolyatsiya qilishi, o'rnatilishida texnologik va industrialikka ega, tejamli va arzon bo'lishi, uni qurishga mehnat kam sarflanadigan bo'lishi, arxitektura talablariga javob berishi lozim. Ishlab chiqarilayotgan qurilish materiallarining turlarini kengaytirish, mahalliyashtirish dasturi asosida zamonaviy, qulay va sifatli mahsulotlar ishlab chiqarish ulushini oshirish va o'z navbatida import ulushini kamaytirish, sohani yanada rivojlantirish, mazkur yo'nalishda mutaxassis kadrlar tayyorlash sifatini oshirish masalasi bugungi kunning asosiy masalalaridan biri bo'lmoqda.

Kalit so'zlar. *qurilish materiallari, mahalliy xom ashyo, resurslar, plitalar, isitgich radiatorlar va konvektorlar, izolyatsiya materiallari, energiya samaradorligi, olovga bardoshlilik.*

В статье рассматриваются свойства энергосберегающих теплоизоляционных материалов в повышении прочности, огнестойкости и устойчивости к внешней среде. В строительстве используются пожаробезопасные материалы – бетон, железобетон, натуральные и искусственные каменные материалы, а также материалы на основе полимеров с повышенной пожарной безопасностью. В настоящее время возрастает спрос на энергоэффективные, экономически доступные материалы и изделия в мире строительства. Поэтому при проектировании зданий необходимо уделять большое внимание выбору расположения стен, их конструктивной схеме и типу. Они должны быть прочными, устойчивыми, уникальными в пространственном отношении, соответствовать уровню огнестойкости, класса здания, обеспечивать определенный температурно-влажностный режим в помещениях; обеспечивать достаточную звукоизоляцию, быть технологичными для монтажа, быть экономичными и дешевыми, а также требовать мало трудозатрат на его возведение; должен отвечать архитектурным

требованиям. Расширение видов выпускаемых строительных материалов, увеличение доли производства современной, удобной и качественной продукции на основе программы снижения доли импорта, дальнейшее развитие отрасли, повышение качества подготовки кадров, специалистов в этом направлении являются одними из главных вопросов сегодняшнего дня.

Ключевые слова. строительные материалы, местное сырье, ресурсы, плиты, обогреватели, радиаторы и конвекторы, изоляционные материалы, энергоэффективность, огнестойкость.

The article discusses, on the basis of experience, highlights the properties of energy-saving heat-insulating materials in increasing the strength, fire resistance and resistance to the external environment of modern buildings and structures. In construction, fireproof materials are used - concrete, reinforced concrete, natural and artificial stone materials, as well as materials based on polymers with increased fire safety. Currently, the demand for energy efficient, affordable materials and products in the construction world is increasing. Therefore, when creating a building project, it is necessary to pay great attention to the choice of the location of the walls, their design scheme and type. In addition, it must be durable, stable, spatially unique, correspond to the level of fire resistance corresponding to the class of the building, provide a certain temperature and humidity conditions in the room, provide sufficient sound insulation, be technological and industrial in its installation, be economical and cheap, and also require little labor for its construction., must meet architectural requirements. Expanding the types of building materials produced, increasing the share of production of modern, convenient and high-quality products based on the localization program and, in turn, reducing the share of imports, further developing the industry, and improving the quality of personnel training, specialists in this direction is one of the main issues of today.

Keywords. building materials, local raw materials, resources, stoves, heaters, radiators and convectors, insulation materials, energy efficiency, fire resistance

Respublikamiz qurilish kompleksiga yuqori malakali yosh kadrlarni yetkazib berish shu kunning dolzarb masalasidan biridir. Ma'lumki, qurilish industriyasini rivojlantirish, ya'ni yangi qurilish materiallari, buyumlari va konstruktsiyalarni ishlab chiqarish bilan qurilish tizimini tubdan o'zgartirish mumkin.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 maydagi "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi PQ-4335-son qaroriga asosan, Respublikamizda raqobatbardosh mahsulotlarni ishlab chiqarish va eksport qilish bo'yicha barqaror o'sish suratlarini ta'minlash, shuningdek, korxonalarni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik yangilashga qaratilgan qurilish materiallari sanoatidagi tarkibiy o'zgartirishlarni yanada chuqurlashtirish yuzasidan tizimli ishlar amalga oshirilmoqda [1].

Tarmoqni jadal rivojlantirish va diversifikatsiya qilish uchun qulay shart-sharoitlar yaratish, mahalliy mineral xom ashyo resurslarini qayta ishlashga investitsiyalarni jalb qilish va qurilish materiallarini eksport qilish hajmlarini oshirish maqsadida: 2019 - 2025

yillarda mahalliy xom ashyo geologiya-qidiruv ishlarini olib borish, qazib olish va qayta ishlash asosida qurilish industriyasining xom ashyo bazasini kengaytirish prognoz ko'rsatkichlarini tubdan isloh qilish amalga oshirilishi rejalashtirilgan [4].

Mahalliy hom ashyodan qurilish materiallari ishlab chiqarish qurilish industriyasining asosiy vazifasi hisoblanadi. Bunda, mahsulot tannarxi keskin pasayadi.

Qurilish materiallari va buyumlari ishlab chiqarishda sanoat va qishloq xo'jaligi chiqindilarini ishlatish ularning tannarxini pasaytiradi va ekologik muhitni barpo etadi [6].

Ma'lumki, qurilish materiallari sanoati, uy-joy qurilishi, sanoat, qishloq xo'jaligi va boshqalardagi qurilish sohalari uchun qurilish materiallari ishlab chiqaruvchi sanoat hisoblanadi. Bu soha bir qancha tarmoqlarni o'z ichiga oladi. Jumladan, sement, asbest-tsement shiferi, asbest-tsement quvurlari, devor materiallari (g'isht), ohak, gips, deraza oynalari, yumshoq yopma materiallar, tabiiy toshlardan qoplama materiallar, bezak hamda pol uchun sopol (keramik) plitalar, isitgich radiatorlar va konvektorlar, chinni-fayans sanitariya-qurilish buyumlari, linoleum, yig'ma temir-beton konstruktsiyalar va detallar, noruda qurilish materiallari (maydalangan, chaqilgan tosh, qum, shag'al, qum-shag'al aralashmasi) qurilish materiallari sanoati sohasining asosiy mahsulotlari hisoblanadi.

Hozirgi kunda dunyo bo'yicha qurilish sohasida energiya tejamkor, iqtisodiy jihatdan hamyonbop material va buyumlarga talab ortmoqda.

Qurilish materiallari va buyumlarini tayyorlashda ishlab chiqarish chiqindilari va ikkilamchi resurslardan foydalanish quyidagi dolzarb vazifalarni yechishga yordam beradi.

-atrof-muhit tozaligi, ekologik sistema masalalarini hal qiladi, yerlarni band bo'lishini kamaytiradi;

-energiya manbalarini tejaydi va sarf xarajatlarni keskin kamaytiradi.

Qurilish materiallarini ishlab chiqarishda sanoat va qishloq xo'jaligi ikkilamchi resurslarni ishlatish jarayoni katta miqdorda energiya va xom ashyo zaxiralarini tejashga olib keladi. Ikkilamchi resurslarni foydalanishga yo'naltirish uchun ekologik, iqtisodiy va texnik talablarga javob berish kerak. Shu sababli, ularning tarkibi, hosil bo'lish ko'lamini, ekologik tozaligi bo'yicha tasniflanish masalalari dolzarb hisoblanmoqda [9].

Tashqi tomondan quyosh radiatsiyasi, yog'in-sochin, o'zgaruvchan temperatura va havo namligi, shovqinlar, ichki tomondan esa issiqlik oqimi, suv bug'i, shovqin kabi ta'sirlar ostida bo'ladi. Shuning uchun xam bino loyixasini yaratishda devorlarning joyi, ularning konstruktiv sxemasi va turini tanlashga katta e'tibor berish talab etiladi. Bundan tashqari mustaxkam, turg'un, fazoviy bikr bo'lishi, bino klassiga to'g'ri keluvchi olovbardoshlik darajasiga mos, xona ichida ma'lum temperatura va namlik rejimini ta'minlash, tovushdan yetarli darajada izolyatsiya qilishi, o'rnatilishida texnologik va industriallikka ega, tejamli va arzon bo'lishi, uni qurishga mexnat kam sarflanadigan bo'lishi, arxitektura talablariga javob berishi lozim [6].

Hozirgi vaqtda ishlab chiqarilayotgan yangi zamonaviy materiallar binolar, inshootlar va inshootlarning barcha tarkibiy qismlarini qurishda qo'llanilib kelinmoqda. Devor izolyatsiya materiallari va energiya samaradorligi sanoatining rivojlanishi so'nggi yillarda ichida, atrof-muhitni muhofaza qilish, yangi devor materiallari, ayniqsa, yangi devor izolyatsiya materiallari ishlab chiqarish quvvati yiliga 20% tashkil etib bormoqda. An'anaviy yuqori energiyali qurilish materiallari asta-sekin yangi qurilish materiallari bilan

almashtirilib kelinmoqda. Energiya tejaydigan izolyatsiya materiallari mukammal rivojlanish imkoniyatlarini yaratmoqda.

Yashash binolarini issiqdan himoyalash va uy-joy fondida energiya samaradorligini oshirish muammolari bilan dunyoning ko'pgina mamlakatlari shug'ullanmoqdalar. Energiya tejamkorlik va issiqdan himoyalash tadbirlarini amalga oshirish natijasida sanoati rivojlangan mamlakatlarda uy-joy fondida iste'mol qilinadigan energiyaning nisbiy sarfi oxirgi 10 yil ichida 2 va undan ko'proqqa kamaytirildi. Ushbu masalani yechishda eng hal qiluvchi yo'nalishlardan biri uy-joy binolarining tashqi devorlari va derazalarining issiqlik uzatishga qarshiligini oshirish bo'ldi. Texnik rivojlangan mamlakatlarda devorlar konstruksiyalarining ko'pchiligi ko'p qatlamli qilib tayyorlanadi. Samarali isitgichli ko'p qatlamli tashqi devorlar yirik panelli devorlarning umumiy hajmida:

Norvegiyada - 100% ni, Vengriyada - 95% ni, Finlyandiyada - 94% ni, Ruminiyada - 91% ni, Buyukbritaniyada - 75% ni tashkil etadi. Shu bilan birga taxminan 2000 yillargacha MDH mamlakatlarida ushbu ko'rsatkich 5-10% ni tashkil etadi. Mavjud va yangidan quriluvchi binolar tashqi to'suvchi konstruksiyalarining energiya tejamkorlik talablarini ta'minlash uchun issiqlikdan himoyalash va ekspluatatsion sifatleri yetarlicha bo'lgan ko'p qatlamli konstruksiyalarni yaratishga asoslangan turli texnik yechimlar taklif qilinmoqda.



1-rasm. Issiqlik himoyalovchi materiallarning turlari

a) gazobeton, b) penobeton, v) vermikulitbeton, g) arbolitbeton, d) polistrolbeton

ГОСТ 19222-84 muvofiq yog'och-beton bloklari ishlab chiqarish uchun, yog'och ishlov berish chiqindilari, maydalangan qamish, kanop, g'o'za-poya, guruch qobig'i, zig'ir foydalanish mumkin. O'rtacha zichligi $\rho=250-1300 \text{ kg/m}^3$, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda =0,09-0,54 \text{ Vt/m}\cdot\text{0S}$, olovga ta'siriga yuqori bardoshlilik xossasiga ega[7].

Ko'pikbeton bloklari ishlab chiqarish ГОСТ 25485-89 talabiga ko'ra avtoklavsiz qotadigan ko'pikbetonlar ko'p funktsiyali qurilish materiali hisoblanadi. Ishlab chiqarish texnologiyasi ancha oddiy va ishlab chiqarishda ishlatiladiga jihozlarga metal va energiya sarfi kam talab qilinadi. Ko'pikbetonni ishlatilish joyi va ishlatilish iqlim sharoitiga qarab xossalarini yaxshilash va boshqarish mumkin. Shuning uchun ham uning hossalari katta intervalda o'zgaruvchan hisoblanadi [14].

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

O'rtacha zichligi $\rho=100-1200 \text{ kg/m}^3$, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda=0.08-0.38 \text{ Vt/m}\cdot^\circ\text{C}$.

Tadqiqot natijalari $10 \times 10 \times 10 \text{ sm}$ o'lchamdagi qoliplarda olingan natijalarni optimal miqdori tanlab olindi. Penobeton qorishma uchun sement 400 gr, suv 100 ml, ko'pik uchun "Zimpor" 1.5 ml. Gazobeton qorishma uchun sement 400 gr, suv 120 ml, gaz xosil qiluvchi qo'shimcha "PAK-3" 0.9 ml. Arbolitbeton qorishma uchun sement 400 gr, guruch qipig'i 160 gr, suv 195 ml, suyuq shisha 7 ml tanlab olindi (1-jadval).

1-jadval

O'ta yengil betonning mustahkamlik chegarasi 7;14;28 kunlik natijalari

№	Namuna	Siquvchi kuch kg/sm^2		
		7	14	28
1	Ko'pikbeton	0,9	1,02	1,15
2	Gazobeton	1,2	1,87	2,0
3	Arbolitbeton	2,3	2,39	2,6

O'ta yengil betonning mustahkamlik chegarasi $10 \times 10 \times 10 \text{ sm}$ o'lchamdagi qoliplarda har bir sinash uchun uch donadan namunalar tayyorlandi. Namunalarni sinash muddatlari 7;14;28 sutkalar deb belgilanib ushbu muddatlarda namunalar GOST 10180-90 talablari bo'yicha gidravlik press yordamida sinalib, namunalarni sinash natijalari aniqlandi.

Zamonaviy issiqlik ximoyalovchi materiallar shakli va tashqi ko'rinishiga ko'ra bir – biridan farq qiladi. Bunda materiallarni donaviy va sochiluvchan xillarga ajratish mumkin. Sochiluvchan materiallarga kukunsimon, tolali va donador materiallar kiradi [8].

Donaviy materiallarga esa arbolit, bazalt tolali plitalar, gazobeton, ko'pikbeton va polistrolbetonlar misol bo'la oladi. Hozirda qurilishda eng mashhur issiqlik - ximoyalovchi materiallar ichida donali buyumlar xisoblanadi. Har qanday issiqlik - ximoyalovchi materialning sifati bir qancha ko'rsatkichlarga ko'ra baholanadi. Shulardan biri bu materialning issiqlik o'tkazuvchanlik xususiyati xisoblanadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik - bu materialning issiqlik energiyasini o'zi orqali o'tkazish qobiliyati xisoblanadi. (2-jadval) da.

2-jadval

Devorlarni qurishning turli variantlarini o'zaro taqqoslash maqsadida har xil materiallardan qurilgan devorlarning ko'rsatkichlarini keltirib o'tamiz

Materiallarning turlari	O'rtacha zichligi kg/m^3	Issiqlik o'tkazuvchan. $\text{Vt/m}\cdot^\circ\text{C}$	Termik qarshiligi $\text{m}^2, ^\circ\text{C/W}$
Gazobeton	700	0,13	0,26
Ko'pikbeton	600	0,12	0,19
Arbolitbeton	550	0,17	1,17
Vermikulitbeton	480	0,11	0,16
Polistrolbeton	420	0,10	0,18

Issiqlik izolyatsiyalovchi materiallarni ishlab chiqarish va qo'llash an'anaviy qurilish materiallariga nisbatan qator afzalliklarga ega: binoning massasi kamayadi, qurilishda og'ir ishlar qisqaradi, konstruktsiyaning termik qarshiligi oshadi, yaxshi arralanadi, bio ta'sirga chidamli, issiqlik va tovushdan yuqori izolyatsiyaovchi ko'rsatkichiga ega, olovga

chidamli, sement qorishmasi bilan yaxshi ishlov beriladi, qo'l drelida teshik teshish oson, mixni yaxshi ushlaydi.

Har bir qurilish materiallari o'ziga hos fizik, mexanik va kimyoviy xossalariga ega. Materialning tarkibi, strukturasi va holatning o'zgarishi bilan uning qurilish va texnologik xossalari ham o'zgaradi. Qurilish materiallarning xossalari turg'un bo'lmay, ular fizik, mexanik va kimyoviy jarayonlar ta'sirida o'zgarib turadi. Binoning mustahkamligi va olovga bardoshliligi avvalo uni qurilishda ishlatilgan qurilish materiallarining mustahkamligiga bog'liqligini inobatga olgan holda zamonaviy mustahkam, olovbardoshligini oshirish talab etiladi[6].

Birinchi tajribada vallostanit minerali 20%, sement 10%, vermukulit 40%, bazalt kukuni 30% asosli qurilish materiallari namunalariga termik ta'sir berildi. Ushbu yangi tarkibli qurilish material namunasiga 45 daqiqagacha termik ta'sir berilganda, o'zining mustahkamlik xususiyatini deyarli yo'qotmadi. Mexanik va dinamik ta'sirlarga berilganda uning mexanik va termikbardoshligi ekanligi ham ilmiy isbotini topdi.

Ikkinchi tajribada vermukulit 20%, gips 10%, dolomit 30%, kaolin 20%, sement 20% asosli qurilish materiallarining yangi namunalarini tajribadan o'tkazildi. Ushbu namunaning diametri 12x12x3 ni tashkil etdi. Ushbu yangi tarkibli qurilish materialga 45 daqiqagacha termik ta'sir berilganda, o'zining mustahkamlik, dinamik va tashqi ta'sirlarga chidamlilik xususiyatini deyarli yo'qotmadi.

Tajriba vaqtida gorizontaal va vertikal joylashgan yangi taklif etilayotgan qurilish materiallari namunalariga ta'sir qilayotgan dinamik yuk bir soatlik davomiylikda yana bir marta oshirilganda yangi taklif etilayotgan qurilish materiallarining mustahkamligi 1-3 % ga kamaydi. Bunday vaziyatda qo'shimcha yuk k yangi taklif etilayotgan qurilish materiallari modelining xususiy massasidan 4 marta orttirilganda farqlanish kattaligi oddin keng qo'llanilgan qurilish materiallariga nisbatan solishtirilganda yangi taklif etilayotgan qurilish materiallarining mustahkamligi va olovbardoshligi 20% gacha o'sdi.



3-rasm. Yangi olovbardosh qurilish materiallarining namunalarini keltirilgan

Zamonaviy devorlar, ularning turlari va ularga qo'yilgan asosiy talablarlari biri, olovbardosh qurilish materiallarini yaratish masalalarini mahalliytrish va yanada takomillashtirish dunyoning barcha mamlakatlari uchun ustuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi[19].

Xulosa o'rnida shuni aytish kerakki, qurilish sohasida olovbardosh va mustahkam qurilish materiallarini olish texnologiyasini yaratish va fizik mexanik xususiyatlarini yaxshilash masalalarini yanada takomillashtirish va bu boradagi ilmiy tadqiqot ishlarini rivojlantirish ham dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Maxalliy hom ashyolar asosidagi

har xil ko'rinishdagi qurilish materiallari namunalari bilan ketma-ket tajriba o'tkazildi. Olingan natijalarga asosan, mahalliy hom ashyolar asosida yangi tarkibli qurilish materiallarini olish texnologiyasi va usuli yaratildi.

Qurilish materiallarining namunalari tajribadan o'tkazilib, olovbardoshligi 350-400°C gacha oshirildi. Ushbu tarkibli materialdan har turdagi qurilish materiallarini ishlab chiqish imkoniyati yaratildi. Mahalliy hom ashyolar asosida yangi tarkibli olov va issiqdan himoyalovchi teploizolyatsion materiallarning yangi turkumi yaratildi. Uning olovbardoshligi 300-400°C gacha oshirilishi evaziga, uni keng ko'lamda ishlab chiqarish va eksport qilish imkoniyati paydo bo'ldi.

Yuqoridagi zamonaviy materiallardan foydalanish orqali yuqori sifatli binolarning qurilish vaqtini qisqartirish, qisqa muddatda katta natijaga erishish, iqtisodiy jihatdan arzonlashtirilgan bino va inshootlarga ega bo'lishga erishish, binoning umrboqiyiligini uzaytirishni ta'minlash bilan bir vaqtda, binoning ichki va tashqi zamon talablariga javob bera oladigan darajada qurib bitirish imkonini beradigan optimal variantlarini beradi.

Adabiyot

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 20 февралдаги «Курилиш материаллари sanoatini tubdan takomillashtirish va kompleks rivojlanishi chora-tadbirlari tўg'risida»ги ПҚ-4198-сонли қарори.

2. ШНҚ 2.01.02 - 04 Бино ва иншоотларнинг ёнғин хавфсизлиги. Тошкент:– Госархитектстрой, 2005. – 34 с.

3. КМК 3.01.07-98 Правила безопасности при проведении обследований жилых, общественных и промышленных зданий для проведения капитального ремонта. – Ташкент: Госкомархитектстрой, 1998. – 54 с.

4. «Курилиш материаллари sanoatini jadal rivojlanishi ga oid қўшимча чора-тадбирлар тўг'risida» ги ПҚ-4335-сонли қарори.

5. Бахтияров А.К. О прочности стержневых пространственных систем при совместном действии нагрузки и температуры / Материалы научно-практической конференции. – Ташкент: Актуальные проблемы пожарной безопасности и подготовки кадров, 1996. – С 153–154.

6. Камбаров Х.У, Турар жой биноларининг конструктив элементлари. Ўқув қўлланма. Тошкент. Ўқитувчи - 1992 й.

7. ҚМҚ 2,03.08- 98 Ёғоч конструкциялари. ЎЗР Давлат архитектура ва курилиш қўмитаси - Тошкент, 1998, 79 бет.

8. Тўйчиев Н.Ж. Фуқаро ва sanoat бинолари конструкцияси. Ўқув қўлланмаси. ТАҚИ, 2002.

9. Azimov X.A. Bino va inshootlar yong'in xavfsizligi. O'quv qo'llanma. T.: -2004.

10. Защита от вибрации и ударов в технике: Справочник.: –изд 4-е. – М.:, 2001. т– 6 т.

11. Виноградов Д.В. Пожарная безопасность высотных зданий и подземных автостоянок. Учебное пособие. - М.: МГСУ, 2010. – 32 с.

12. Газлийское землетрясение 1984 г. Инженерный анализ последствий. - М.: Наука, 1988. – 157 с.

13. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан «О внесении изменений и дополнений в Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 4 октября 2013 г. № 272 «Об утверждении Положения о государственном пожарном надзоре» за № 449 от 12 июня 2018 г. / Национальная база данных законодательства. 18 июня 2018 г. № 09/18/449/1356.

14. ГОСТ 30444-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени». Межгосударственный стандарт принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС) 23 апреля 1997 г.// Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998. –14 с.

15. ГОСТ 30403-96. Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности. Введен в действие с 1 июля 1996 г. в качестве государственного стандарта Российской Федерации постановлением Минстроя России от 22 мая 1996. № 18-36.

16. Хаджаев А.А., Хатамов А.Т., Тулаганов А.Т., Юсупхужаев С.А. Конструкцияларнинг шикастланиш сабаблари ва унинг бузилиш оқибатларини аниқлаш-Ташкент: Узбекистон, 2004. –140 б.

17. Кривцов Ю.В. Безопасность энергетических объектов - широкое использование огнезащитных покрытий // Пожарная безопасность. 2006. -№ 2. С. 132–134.

18. Смирнов Н.В., Корольченко А.Я., Серков Б.Б. Комплексная оценка пожарной опасности полимеров, применяемых в строительных конструкциях / Сб. науч. трудов ВИПТШ. – М. 1989. – С. 156–170.

19. Серков Б.Б. Современные способы и средства огнезащиты строительных конструкций // Пожаровзрывобезопасность.2012. № 4. - С.93–95.

20.Баженов С.В., Наумов Ю.В., Мотина Л.В. Определение теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий по металлу: Методика. – М.: ВНИИПО, 1998. – С.19.

21. Баратов А.Н., Андрианов А.А., Корольченко А.Я. и др. Пожарная опасность строительных материалов. – М.: Стройиздат.2003. - 386 с.

*Toshkent davlat texnika universiteti
tomonidan taqdim etilgan*

УДК 697.7

**ФАОЛ КУЁШИЙ ИСИТИШ ТИЗИМЛАРИГА ЭГА ПАССИВ УЙЛАР.
1-ҚИСМ. БАК АККУМУЛЯТОРИГА ЭГА БЎЛМАГАН УЙЛАРНИНГ
САМАРАДОРЛИГИ**

**Н.Р. Авезова, К.А. Самиев, А.У. Вохидов, Д.У. Абдухамидов, Б.Т. Шодиев,
М.Т. Улуғмуродов, М.Б. Шерматова**

Мақолада пассив қуёший иситиши тизимлари ҳақида фикр юритилган. Ҳозирги кунда мамлакат иқтисодиётининг барча тармоқларида энергия тежамкор ва самарадорлиги юқори бўлган технологиялардан фойдаланиши орқали иситиши ва совутиши тизимларида сарфланаётган бирламчи энергия манбаларини максимал даражада тежашга эътибор қаратилган. Шу ўринда янги турар-жой бинолари, коммунал-маиший, маъмурий ва ижтимоий объектларни иситиши ва совутишида қуёш энергиясидан иссиқлик манбаи сифатида фойдаланиши орқали тизимда истеъмол қилинадиган энергия сарфини минималлаштириши имкониятлари ўрганилган ҳамда фаол қуёший иситиши тизимларига эга пассив уйлар учун Тошкент шаҳри мисолида бионинг иссиқлик ҳимоясининг биринчи даражасида солиштирма иссиқлик сарфини $46,9 \text{ kWh/m}^2$ (20,7%), иссиқлик ҳимоясининг иккинчи даражасида 47 kWh/m^2 (28%) ва иссиқлик ҳимоясининг учинчи даражасида $46,9 \text{ kWh/m}^2$ (34,3%)га пасайгани ва шу билан бирга атроф-муҳитга чиқариладиган CO_2 эмиссияси йилига иситиладиган майдон юзасига нисбатан $10,9 \text{ kg/m}^2$ ни ташиқил этиши келтирилган.

Калит сўзлар: *Пассив тизим, фаол тизим, қуёш энергияси, энергия самарадор, иситиши, турар-жой биноси, бак-аккумулятор, иссиқлик энергияси, пассив уй, бирламчи энергия манбалари.*

В статье рассматриваются пассивные солнечные системы отопления. В настоящее время основное внимание уделяется максимальной экономии первичных источников энергии, расходуемых в системах отопления и охлаждения, за счет использования энергосберегающих и высокоэффективных технологий во всех отраслях экономики страны. Изучены возможности минимизации потребления энергии в системе за счет использования солнечной энергии в качестве источника тепла при отоплении и охлаждении новых жилых зданий, коммунально-бытовых, административных и социальных объектов, а также установлено, что для пассивных домов с активными системами солнечного отопления на примере города Ташкента удельный расход тепла с первым уровнем тепловой защиты здания составляет $46,9 \text{ kWh/m}^2$ (20,7%), со вторым уровнем теплозащиты указывается снижение на 47 kWh/m^2 (28%), и с третьим уровнем теплозащиты - на $46,9 \text{ kWh/m}^2$ (34,3%); при этом выбросы CO_2 в окружающую среду составляют $10,9 \text{ kg/m}^2$ в год по сравнению с поверхностью нагретой площади.

Ключевые слова: Пассивная система, активная система, солнечная энергия, энергоэффективность, отопление, жилой дом, аккумуляторная батарея, тепловая энергия, пассивный дом, первичные источники энергии.

The article discusses passive solar heating systems. Currently, the focus is on maximizing the savings of primary energy sources consumed in heating and cooling systems through the use of energy-saving and highly efficient technologies in all sectors of the country's economy. The possibilities of minimizing energy consumption in the system by using solar energy as a heat source for heating and cooling new residential buildings, municipal, administrative and social facilities have been studied, and it has also been established that for passive houses with active solar heating systems, on the example of the city of Tashkent, the specific heat consumption with the first level of thermal protection of the building is 46,9 kWh/m² (20,7%), with the second level of thermal protection, a decrease of 47 kWh/m² (28%) is indicated, and with the third level of thermal protection-by 46,9 kWh/m² (34,3%), at the same time, CO₂ emissions into the environment amount to 10,9 kg/m² per year compared to the surface of the heated area.

Keywords: Passive system, active system, solar energy, energy efficient, heating, residential building, bak-battery, thermal energy, Passive House, primary energy sources.

Хозирда бутун дунёда, шунингдек Ўзбекистонда қурилиш соҳасида янги инновацион технологиялар ва материаллардан фойдаланиш орқали энергия самарадор ва тежамкор бино ва иншоотларни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан кенг фойдаланиш бўйича кенг миқёсдаги ишлар амалга оширилмоқда [1-3]. Жумладан, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 2-декабрда имзолаган ПҚ-436-сон қарорига мувофиқ, қайта тикланувчи энергия манбаларининг ишлаб чиқариш қувватини умумий ҳажмининг 30 фоизидан кўпроғига етказиш ўз аксини топган [4]. Хусусан, янги турдаги энергия самарадор ва тежамкор пассив ҳамда зеро уйларни лойиҳалаштириш, қуриш ушбу қарорнинг амалий татбиғи бўлиб хизмат қилади.

Пассив биноларнинг асосий концепцияси сифатида биноларни иситиш ва совутиш учун зарурий энергия талабларини анъанавий иситиш ва совутиш тизимларига эҳтиёж бўлмаган кўрсаткичларгача минималлаштириш, бунда максимал пассив ва актив қуёший иситиш тизимларидан фойдаланиш ҳамда хона ичидаги хавонинг рекуперацияси ҳисобига таъминланиши ҳисобига амалга оширилиши кўзда тутилган [5-6].

Кутилган асосий мақсад эса энергиядан минимал фойдаланиш билан уйда яшовчи одамларнинг қулайлигини максимал даражада ошириш, шунингдек, уларнинг атроф-муҳитга минимал таъсиридир. Минимал энергия балансига эга бинони қуришнинг бошланғич қиймати одатдаги бинони қуришга сарфланадиган сармоядан ошиб кетиши мумкин, аммо паст техник харажатлар бу уйни бутун фойдаланиш даврида тежамкор ва иқтисодий фойдали қилади.

Анъанавий биноларга нисбатан пассив уйларни иситишга сарфланадиган иссиқлик энергиясининг солиштирма истеъмоли йилига 15 kW·h/(m²) дан

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

оширмаслик ёки иситишга сарфланадиган ҳисобий қувват йилига 710 W/m^2 дан ошмаслик учун улардаги иссиқлик энергияси потенциали баланси куйидагича режалаштирилади: $1/3$ қисми анъанавий усулдаги иситиш тизимлари ҳисобига, $1/3$ қайта тикланадиган энергия манбалари асосидаги иситиш тизимлари ҳисобига ва $1/3$ қисми бинони ичида яшовчи инсонлар ва маиший хизмат учун фойдаланадиган қурилмалар ва технологиялардан ажралиб чиқадиган иссиқлик ҳисобига амалга оширилади.

Ушбу ҳолатда пассив тизимларда атроф-муҳит ҳарорати, ҳавонинг иссиқлик сифими ва яшаш учун қулай (комфорт) микроклим шароитида ҳавони иситиш учун керак бўлган максимал ҳарорат ҳисобга олинади [7].

Амалиётда турар жой биноларини иситиш тизимлари учун энергия тежамкорлик ва энергия самарадорликни таъминлаш талаблари билан биргаликда замонавий муҳандислик жиҳозларини қўллаш талаблари комплекс ҳолда ҳисобга олиниши зарур. Жумладан, Пассив турар-жой биноларида барча коммунал ва маиший эҳтиёжлар учун фойдаланиладиган бирламчи энергиянинг умумий истеъмоли (иситиш, иссиқ сув ва электр энергияси) $120 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2)$ дан ошмаслиги керак эканлиги белгиланган [8].

Дастлабки ҳисобларга кўра [9], турар-жой бинони “пассив” бўлиши учун бинонинг иссиқлик йўқотиш даражаси амалдагига нисбатан 90% гача камайтирилиши лозим. Шу билан бирга республика ҳудудларида қуриладиган биноларнинг иссиқлик муҳофазаси ва уй тузилишининг баъзи элементлари учун 1-жадвалда келтирилган талаблар таъминланиши етарлидир.

1-жадвал

Биринчи қаватнинг ташқи деворлари, томи, полининг иссиқлик қаршилиги	$P_0 \geq 6,7 \text{ (m}^2\text{C)/W}$
Шишанинг иссиқлик қаршилиги	$P_0 \geq 1,4 \text{ (m}^2\text{C)/W}$
Ойна профилининг иссиқлик қаршилиги	$P_0 \geq 1,25 \text{ (m}^2\text{C)/W}$
Деворга ўрнатиладиган ойнанинг иссиқлик қаршилиги (Тахминан олд эшикка қўйилган талаблари каби бир хил)	$P_0 \geq 1,2 \text{ (m}^2\text{C)/W}$
Уйнинг конструкциясида иссиқлик кўприклари максимал даражада чиқариб ташланиши керак.	
Шамоллатиш тизимида рекуператорнинг юқори самарадорлиги (чиқадиган ҳаво кирувчи тоза ҳавога иссиқлик беради)	ФИК 75% дан юқори, 80% дан юқори бўлса жуда яхши.
Ташқи ва ички ҳавонинг босим фарқи 50 Па бўлгандаги ҳаво алмашинувининг қарралиги	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Алоҳида таъкидлаш керакки, қаралаётган уйнинг пассив қурилиш талабларига мослигини белгиловчи асосий омиллардан бири бу тўғри бажарилган иссиқлик изоляциясидир. Бу нафақат ташқи ва ички деворларнинг изоляциясига, балки пойдеворларга, шифтларга, полларга ва нишабликларга ҳам тегишли. Пассив уйлар

иссиқлик изоляциясининг анча қалин қатлами (хатто, 30 см гача) билан ажралиб туради.

Шунингдек, пассив уйлар соҳага доир стандартларга мувофиқлиги, экологик тозаллиги, хоналарда оптимал иссиқлик режимининг, қўлай намликнинг таъминланганлиги, хона ҳавосининг оптимал таркибининг ўрганилганлиги, биноларни бир текис шамоллатиш, конвекция оқимларининг йўқлиги (“очик шамоллатиш”) ҳамда яхши акустик хусусиятлар ва ёритилганлик каби хусусиятлар ва сифат кўрсаткичлари бўйича мослигини таъминлаш лозим [10].

Пассив уйларда иситиш таъминоти тизимларини режалаштириш ва лойиҳалаштиришда асосий талаблар қуйидагилардан иборат [11]:

- биноларда дераза ойналарини имкон борича бинониг жанубий фасадида жойлаштиришни таъминлаш орқали қуёш нурланиши иссиқлигидан максимал даражада фойдаланиш;

- иситиш даврининг энг совуқ ойларида радиаторли ёки иссиқ полли иситиш билан ҳаво иситиш тизимларининг мавжудлиги ёки улардан биргаликда фойдаланиш;

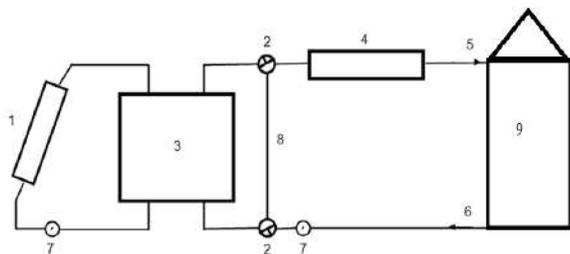
- иситиш ва шамоллатиш тизимларининг талаб қилинадиган умумий қуввати бинонинг иситиладиган майдонининг 1 m^2 учун 10 W дан ошмаслиги керак;

- бинонинг 1 m^2 майдонини иситиш учун зарур бўлган иссиқлик энергиясининг йиллик солиштирма истеъмоли $q_{ис} = 15 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ қийматидан ошмаслиги керак;

- тўсиқ конструкцияларининг талаб қилинадиган пасайтирилган ҳаво ўтказувчанлик қобилияти – барча ташқи тўсиқ конструкциялари орқали, уларга 50 Па босим тушганда, ҳаво алмашинувининг ўргача қарралиги $n_{50} = 0,3 \dots 0,5 \text{ h}^{-1}$ дан ошмаслиги керак [12].

Келтириб ўтилган талаблар пассив уйларга нисбатан мажбурий бажарилиши кераклиги аниқлади ва шу орқали талаблар асосида келтириб ўтилган кўрсаткичларга имкон қадар тез эришиш имкониятини яратиб беради.

Аслида пассив уйларни иситишда пассив ва фаол қуёший иситиш тизимларидан фойдаланилади. Пассив иситиш тизими кўп ҳолларда шаффоф тўсиқ, яъни ойна ромлари орқали бинонинг иситишга бўлган эҳтиёжини қоплашга замин яратади. Қуйида келтирилган 1-расмда эса фаол қуёш иситиш тизимларига эга биноларнинг иссиқлик таъминоти тизимининг умумлаштирилган принципаал схемаси кўрсатиб ўтилган.



1-расм. Фаол қуёш иситиш тизимларининг принципаал схемаси:

- 1–қуёш сув иситгичи;
- 2–уч томонлама жўмрак;
- 3–бак-аккумулятор; 4–қўшимча иссиқлик манбаи; 5–хонага кириш;
- 6–хонадан чиқиш; 7–насос;
- 8–аккумуляторнинг байпас линияси;
- 9–иссиқлик юкласини қабул қилувчи (Абонент)

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Мазкур мақолада пассив турар-жой биноларининг иссиқлик таъминоти тизимлари учун, республика иқлимий шароитидан келиб чиқган ҳолда лойиҳалаштиришда куёш энергиясидан фойдаланишнинг муҳандислик ёндашувлари ва ҳисоблари келтирилган бўлиб, фаол куёший иситиш таъминоти тизимларидан фойдаланилганда унинг иссиқлик ва техникавий кўрсаткичларини аниқлаш масаласи қўйилган ва фаол куёший иситиш таъминоти тизимлари мавжуд бўлмаган ҳолат билан солиштирилган.

Актив куёш иситиш тизимларида куёш коллекторидаги иссиқлик аккумуляторга сўнгра хонага узатилади, куёш иссиқлигининг ютилишини, аккумуляцияланишини ва тақсимланишини ростлаш назарда тутилади. Иссиқлик аккумуляторига эга бўлмаган фаол куёш иситиш тизимининг барқарор математик модели ишлаб чиқилган бўлиб, бино иссиқлик ҳимоясининг даражалари бўйича бинонинг умумий иссиқлик бериш коэффициенти, иситиш мавсумида бинонинг иссиқлик йўқотиши ички иссиқлик манбалари, бино ичига кирувчи куёш нурланиши, ва фаол куёш иситиш тизимидан кирувчи иссиқлик энергияси ҳисобига шаклланиши аниқланди [13]:

$$Q_{\text{уйбк}} = [Q_{\text{ий}} - (Q_{\text{фт}} + Q_{\text{кн}} + Q_{\text{иим}})v\xi]\beta_{\text{н}}; \quad (1)$$

бунда $Q_{\text{ий}}$ – бинодан умумий иссиқлик йўқотиши; $Q_{\text{фт}}$ – фаол куёш иситиш тизимидан кирувчи иссиқлик энергияси; $Q_{\text{кн}}$ – бино ичига кирувчи куёш нурланиши; $Q_{\text{иим}}$ – иситиш мавсумида бинонинг иссиқлик йўқотувчи ички иссиқлик манбалари; v – коллекторнинг иссиқлик самарадорлиги; ξ – коллектор шаффоф қатламнинг эффектив нур ютиш коэффициенти; $\beta_{\text{н}}$ – иситиш мосламалари номенклатурасининг номинал иссиқлик оқимининг дискретлиги, уларнинг тўсиқлаари орқали қўшимча иссиқлик йўқотилиши, бурчак хоналари ҳароратининг кўтарилиши, иситилмайдиган хоналар орқали келадиган қувурларнинг иссиқлик йўқотилиши билан боғлиқ иситиш тизимининг қўшимча сарфини ҳисобга олиш коэффициенти (қабул қилинган иситиш даври учун иссиқлик сарфини ҳисоблашларда $\beta_{\text{н}} = 1$).

Иссиқлик аккумуляторига эга бўлмаган фаол куёш иситиш тизимининг барқарор моделига асосан:

$$K_{\text{м.тг},i} = \beta_{\text{н}} \frac{\frac{n_{\text{дев}}A_{\text{дев}}}{R_{\text{дев},i}} + \frac{n_{\text{ш}}A_{\text{ш}}}{R_{\text{ш},i}} + \frac{n_{\text{п}}A_{\text{п}}}{R_{\text{п},i}} + \frac{n_{\text{д}}A_{\text{д}}}{R_{\text{д},i}} + \frac{n_{\text{кэ}}A_{\text{кэ}}}{R_{\text{дкэ},i}}}{A_{\text{бтгум}}}; \quad (2)$$

бунда $K_{\text{м.тг},i}$ – мос равишда, 1-, 2- ва 3-иссиқлик ҳимоя қатламига эга бўлган бинога бериладиган трансмиссион иссиқлик узатиш коэффициенти, Вт/(м² °С), иситиш даври учун иссиқлик сарфини ҳисоблашларда $\beta_{\text{н}} = 1$; $n_{\text{дев}}, n_{\text{ш}}, n_{\text{п}}, n_{\text{д}}, n_{\text{кэ}}$ – алоҳида тўсиқлар (деворлар, шифтлар, поллар, кириш эшиги) нинг ташқи ҳавога нисбатан ҳолати, ташқи ҳаво билан алоқа қилмайдиган тўсиқ учун ҳарорат фарқини камайтириш коэффициенти; $A_{\text{девор}}, A_{\text{шифт}}, A_{\text{пол}}, A_{\text{дераза}}, A_{\text{кириш эшиги}}$ – ташқи юзанинг майдони, мос равишда деворлар, шифтлар, поллар, деразалар, бинога кириш эшиклари, м², $R_{\text{девор}}, R_{\text{шифт}}, R_{\text{пол}}, R_{\text{дераза}}, R_{\text{кириш эшиги}}$ – иссиқлик узатишга қаршилик, мос равишда деворлар, шифтлар, поллар, деразалар, бинога кириш

эшиклари, m^2 , $A_{бттум}$ – формулада ҳисобга олинган бинонинг барча ташқи тўсиқларининг умумий майдони, m^2 .

Иситиш даврида таъминот ҳавосининг ўртача зичлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\rho_{x,\dot{y},z} = \frac{353}{273+0.5(t_{ички}-t_{ташқи})} ; \quad (3)$$

бунда $\rho_{x,\dot{y},z}$ – иситиш даврида таъминот ҳавосининг ўртача зичлиги, $кг/м^3$, $t_{ички}$ – ички ҳавонинг ҳисобий ҳарорати, $^{\circ}C$, $t_{ташқи}$ – ташқи ҳаво ҳарорати, $^{\circ}C$.

$K_{уибк}$ – бинонинг умумий иссиқлик бериш коэффициенти қуйидагича аниқланади: $Вт/(м^2 \cdot ^{\circ}C)$:

$$K_{уибк} = \frac{C_{хис} n_{ха} \beta_{ххк} V_{их} \rho_{x,\dot{y},z} k_1}{A_{бттум}} ; \quad (4)$$

бунда $C_{хис}$ – ҳавонинг иссиқлик сифими, $Ж/(кг \cdot ^{\circ}C)$; $n_{ха}$ – иситиш мавсумида бинодаги ўртача ҳаво алмашилиш кўрсаткичи, $1/соат$; $\beta_{ххк}$ – бинодаги ҳаво ҳажмининг камайиш коэффициенти, $\beta_{ххк} = 0.85$; $V_{их}$ – бинонинг иситиладиган ҳажми, $м^3$; $\rho_{x,\dot{y},z}$ – иситиш даврида таъминот ҳавосининг ўртача зичлиги, $кг/м^3$; k_1 – ШТларга тушаётган қарши иссиқлик оқимининг таъсирини ҳисобга олиш коэффициенти.

Иссиқлик мавсумида бинонинг умумий иссиқлик йўқотиши $Q_{уий.1,2,3}$ – қуйидагича:

$$Q_{уий.1,2,3} = K_{уиб1,2,3} HDD A_{бттум} ; \quad (5)$$

бу ерда: $K_{уиб1,2,3}$ – мос равишда, 1-, 2- ва 3-иссиқлик ҳимоя қатламига эга бўлган бинонинг умумий иссиқлик бериш коэффициенти, $Вт/(м^2 \cdot ^{\circ}C)$; HDD – Тошкент шаҳри учун иситиш даври градус-суткаларининг ҳисобий кўрсаткичлари, $^{\circ}C \cdot сут$.

Фаол қуёший иситиш тизимидан кирувчи иссиқлик энергияси қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$Q_{қитэ} = 0.44 H_0 A_{қкую} ; \quad (6)$$

бунда H_0 – қуёш нурланишининг атмосферадан ташқаридаги оқими, kWh/m^2 ; $A_{қкую}$ – қуёш сув иситиш коллекторларининг умумий юзаси, m^2 .



2-расм. Солиштирма иссиқлик истеъмолининг иссиқлик ҳимояларининг даражалари бўйича ўзгариши:
1-фаол қуёш иситиш тизимидан фойдаланилмаган ҳолат учун;
2-бак-аккумуляторсиз фаол қуёш иситиш тизимидан фойдаланилган ҳолат учун

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

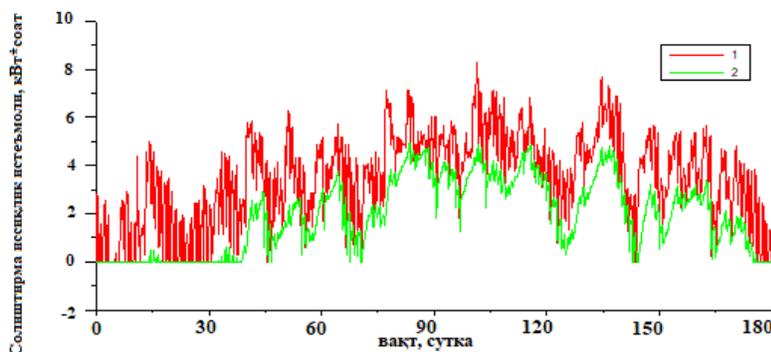
2-расмда турли иссиқлик химоя даражаларига эга бўлган бинонинг солиштирма иссиқлик истеъмолининг ўзгариши, 2-жадвалда эса бинонинг йиллик солиштирма иссиқлик истеъмоли бўйича тажрибавий ва ҳисобий натижалар келтирилган [14].

2-жадвал

Иссиқлик даражалари	химоясининг	Бинонинг йиллик солиштирма иссиқлик истеъмоли $\text{kW} \cdot \text{c}/\text{m}^2$	
		Тажрибавий	Ҳисобий
Иссиқлик 1-даражаси	химоясининг	218,9	226,4
Иссиқлик 2-даражаси	химоясининг	151,8	167,6
Иссиқлик 3-даражаси	химоясининг	123,4	136,9

Ҳисобий натижалар таҳлили. Олиб борилган ҳисобий изланишлар натижаларининг кўрсатишича, қаралаётган бинони иситишда, Тошкент шаҳри учун иссиқлик химоясининг биринчи даражасида, бак-аккумуляторсиз фаол қуёш иситиш тизимидан фойдаланилган ҳолатда солиштирма иссиқлик истеъмолини $179,5 \text{ kWh}/\text{m}^2$ (20,7%), иссиқлик химоясининг иккинчи даражасида $120,7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ (28%) ва иссиқлик химоясининг учинчи даражасида $90,0 \text{ kWh}/\text{m}^2$ (34,3%) га камайтириш мумкинлиги аниқланди.

3- расмда иссиқлик аккумуляторига эга бўлмаган фаол қуёш иситиш тизимини қўллаганда бино ичидаги ҳароратларнинг вақт бўйича ўзгариши ҳамда анъанавий иситиш тизимининг иссиқлик юкласининг соатлик ўзгаришлари динамикаси келтирилган.



3-расм. Иситиш мавсуми (15.10.2019 - 15.04.2020 йй) да анъанавий иситиш тизими иссиқлик юкласининг соатлик ўзгариши: 1- фаол қуёш иситиш тизими бўлмаган ҳолда; 2- фаол қуёш иситиш тизими бўлган ҳолда

Бино ва иншоотларни иситиш тизими сифатида бак аккумуляторсиз қуёш сув иситиш коллекторларидан фаол қуёший иситиш тизимлари қўлланилганда, фойдаланилганда Тошкент шаҳри учун бинонинг иссиқлик ҳимоясининг биринчи даражасида солиштирма иссиқлик сарфини $46,9 \text{ kWh/m}^2$ (20,7%), иссиқлик ҳимоясининг иккинчи даражасида 47 kWh/m^2 (28%) ва иссиқлик ҳимоясининг учинчи даражасида $46,9 \text{ kWh/m}^2$ (34,3%)га камайтиришга эришилди ва шу билан бирга атроф-муҳитга чиқариладиган CO_2 эмиссияси йилига иситиладиган майдон юзасига нисбатан $10,9 \text{ kg/m}^2$ ни ва бинода қўйилган қўшимча ускуналар, ўз-ўзини қоплаш муддати 16,3 йилни ташкил этиши аниқланди.

Хулоса. Юқоридаги маълумотлар асосида қуйидагича хулоса қилишимиз мумкин: Пассив турар-жой биноларида барча маиший эҳтиёжлар учун бирламчи энергиянинг умумий истеъмоли ҳажми, иситишга сарфланадиган иссиқлик энергиясининг солиштирма истеъмоли, “Пассив” бўлиши учун уйнинг иссиқлик йўқотиш даражасининг аниқ талаблари кўрсатилди. Ҳисоблашлар асосида олинган натижаларининг кўрсатишича, турар-жой биноларини иситишда, Тошкент шаҳри учун иссиқлик ҳимоясининг биринчи даражасида, бак-аккумуляторларсиз фаол қуёш иситиш тизимидан фойдаланилган ҳолатда солиштирма иссиқлик истеъмолини $179,5 \text{ kWh/m}^2$ (20,7%) га, иссиқлик ҳимоясининг иккинчи даражасида $120,7 \text{ kWh/m}^2$ (28%) га ва иссиқлик ҳимоясининг учинчи даражасида $90,0 \text{ kWh/m}^2$ (34,3%) га камайтириш мумкин эканлиги кўрсатилди.

Адабиёт

1. Советников Д.О., Строительство здания, отвечающего стандартам пассивного дома. Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 9 (24). 2014.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4477 «Об утверждении Стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике на период 2019-2030 годы» от 04.10.2019.
3. Крузнер К., Кокс К., Махмер Б. и Клотц Л., «Тенденции в наблюдаемых стратегиях пассивного солнечного проектирования для существующих домов в США», Energy Policy, Vol. 55 - С. 82-94, 2013 г., <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.071>.
4. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 2-декабрдаги “2030 йилгача Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтишига қаратилган ислохотлар самарадорлигини ошириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида” ПҚ-436-сонли қарори. Электрон манба: <https://lex.uz/docs/6303230>.
5. Альбайя Х., Хагаре Д. и Саха С., Энергосбережение в жилых зданиях за счет использования пассивных стратегий проектирования с использованием солнечной энергии и энергоэффективности и большей тепловой массы, Энергия и здания, том 182, - С. 205-213, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.036>

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

6. П. Ву и Б. Хаятт, «Экспериментальное и проектное обучение в области BIM для устойчивой жизни с крошечными солнечными домами», *Procedia Engineering*, том 145, - С. 579–586, 2016 г. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.047>.

7. ҚМҚ 2.01.04-18 Қурилиш иссиқлик техникаси. Ўзбекистон Республикаси қурилиш вазирлиги: Шаҳарсозлик нормалари ва қоидалари. Тошкент – 2018 - 57 б.

8. Кряклина И.В. Энергоэффективный дом с нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии // *Символ науки*, №3/2016 ISSN 2410-700X [Электронный ресурс]. - 2014. - № 1. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru>. (Дата обращения: 16.03.2016).

9. Аvezова Н.Р., Самиев К.А., Вохидов А.У., Дехқомова М.Х. Влияние тепловых характеристик новых типов энергосберегающих светопрозрачных ограждений на тепловой режим помещения // *Альтернативная энергетика Карши-2021*.

10. ШНҚ 2.08.02-09 Жамоат бинолари ва иншоотлари. Ўзбекистон Республикаси архитектура ва қурилиш давлат қўмитаси / Шаҳарсозлик нормалари ва қоидалари. Тошкент – 2011. - 282 б. Электронный ресурс: <https://lex.uz/docs/4444291>.

11. ШНҚ 2.08.01-2019 Турар жой бинолари. // Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги // Шаҳарсозлик нормалари ва қоидалари. 2019 – 50 б. Электронный ресурс: <https://lex.uz/uz/docs/5894699?otherlang=>.

12. ҚМҚ 2.01.18-2018 Бинолар ва иншоотларни иситиш, шамоллатиш ва кондициялаштириш учун энергия сарфи меъёрлари. // Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги // Шаҳарсозлик нормалари ва қоидалари. 2018-22 б.

13. Bryzgalin V.V., Soloviev A.K. The use of passive solar heating systems as part of the passive house. *Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]*. 2018, vol. 13, issue 4 (115), pp. 472–481.

14. ҚМҚ 2.04.05-97 Иситиш, вентиляция ва кондициялаш. Ўзбекистон Республикаси архитектура ва қурилиш давлат қўмитаси: Қурилиш меъёрлари ва қоидалари. Тошкент – 2011 - 210 б.

ҚТЭМ МИТИ, "Ўзбекистонда энергия тежайдиган қишлоқ уй-жойлари қурилишини ривожлантиришга қўмаклашиш" лойиҳаси ва "ТИҚХММИ" МИТУ томонидан тақдим этилган

УДК 621.313

**ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН****К.М. Реймов**

Мақолада Ўзбекистонда шамол энергиясини электр энергетикасига кенг миқёсда киритиш имкониятларини таҳлил қилиш бўйича ўтказилган тадқиқот натижалари келтирилган. Танланган Зарафшон ва Нукус шамол парклари ҳудудида шамол ресурсларини баҳолаш ишлари амалга оширилган. Атроф-муҳитга таъсирнинг таҳлили танланган майдонларнинг шамол парки учун яроқлилигини кўрсатади. Шунингдек, ушбу иккита конкрет объектларда бир йилдан ортиқ вақт давомида халқаро стандартларга мувофиқ амалга оширилган ўлчов тажрибасининг ёндашуви ва натижалари келтирилган. Ушбу ҳудудларни танлаш экспериментнинг аниқ натижаларига асосланган. Олинган натижалар ушбу соҳада келгусида олиб бориладиган илмий-тадқиқот ишлари самарадорлигини ошириш учун муҳим саналади.

Калит сўзлар: шамол энергияси, электр генератори, шамол салоҳияти, шамол турбинаси, метеорология, минтақа, таҳлил.

В работе приведены результаты исследования по анализу возможностей масштабного ввода в электроэнергетику Узбекистана ветроэнергетических установок. Выполнены работы по оценке ветровых ресурсов в районах двух выбранных ветровых парков: Зарафшан и Нукус. Анализ воздействия на окружающую среду показал общую пригодность выбранных участков для таких парков. Также приведены подход и результаты экспериментальных измерений, проведенных в соответствии с международными стандартами в течение более одного года на двух конкретных объектах. Выбор этих участков был основан на конкретных результатах проведенного эксперимента. Полученные результаты являются важными для повышения эффективности научно-исследовательских работ в этой области.

Ключевые слова: энергия ветра, электрический генератор, потенциал ветра, ветровая турбина, метеорология, регион, анализ.

The paper presents the results of a study on the analysis of the possibilities of large-scale introduction of wind turbines into the electric power industry of Uzbekistan. The works on estimation the wind resources in areas of two selected parks Zarafshon and Nukus are carried out. The environmental impact analysis showed the general suitability of the selected sites for such parks. The approach and results of an experimental measurement carried out in accordance with international standards for more than one year at two specific sites are also presented. The choice of these sites was based on the specific results

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

of the experiment. The obtained results are important for improving the efficiency of research work in this area.

Key words: *wind energy, electric generator, wind potential, wind turbine, meteorology, region, analysis.*

Республика Узбекистан обладает хорошими ветровыми ресурсами, подходящими для жизнеспособного развития крупномасштабных ветровых электростанций. Районы с самым высоким ветровым потенциалом находятся в горном районе к северо-востоку от Ташкента, горном массиве к югу и востоку от Самарканда, горном массиве между Джизакской и Самаркандской областями. Районы со вторым по величине ветровым потенциалом можно найти в Навоийской области и Республике Каракалпакстан. Распределение скорости ветра ниже высоты 80 м над уровнем земли было определено на основе мезомасштабного моделирования ветра, и показано на карте атласа ветров (рис. 1 и 2). В нем области с фиолетовым, красным и оранжевым цветами (от 5,50 до > 6,25 м/с) подходят для эксплуатации ветровых электростанций. Хотя в этой работе будут подробно исследованы только две потенциальные площадки для ветровых электростанций, на приведенном атласе ветров видно, что Республика Узбекистан имеет большой потенциал роста для таких типов станций [1-10].

Поскольку крупномасштабные ветровые электростанции в горных районах строить трудно, а в некоторых случаях невозможно, рекомендуется первоначально ориентироваться на регионы Навои и Каракалпакстан для установки ветровых электростанций.

В ходе изучения площадок была собрана дополнительная информация для определения подходящих мест для крупномасштабного строительства ветровых электростанций в этих двух регионах. На основании атласа ветров и результатов исследования были выбраны две площадки по установке двух систем измерения ветра. Сбор данных измерений ветра в течение как минимум 12 месяцев необходим для получения приемлемых для исследований ветровых ресурсов и оценок производства энергии. Два места, рекомендуемые для установки двух систем измерения ветра, находятся недалеко от центров нагрузок в Зарафшане и Нукусе в легкой и доступной местности рядом с электрической инфраструктурой. Результаты предварительного исследования площадок показали, что они также не представляют экологических проблем для регионов. Близость к районам добычи полезных ископаемых и потенциальный конфликт интересов землепользования для добычи полезных ископаемых были изучены Министерством энергетики (МЭ). Участки не находятся в непосредственной близости от районов добычи полезных ископаемых и, по данным МЭ, не оказывают неблагоприятного воздействия и не мешают текущим работам по добыче.

В целях обеспечения экономической эффективности ветровых электростанций в качестве минимального критерия для площадей для строительства ветропарков используется средняя многолетняя скорость ветра 5,5 м/с на высоте 100 м. По этой причине мезомасштабный атлас ветров Узбекистана на высоте 100 м фильтруется

соответствующим образом. На рис. 2 показаны все районы Узбекистана со скоростью ветра более 5,5 м/с на высоте 100 м (зеленая зона).

Результаты сбора данных измерений за один год приведены в табл. 1 и 2. Следует отметить, что эти данные представляют собой сводку собранных необработанных данных. Они не подвергались долгосрочной корреляции и не представляют окончательных цифр.

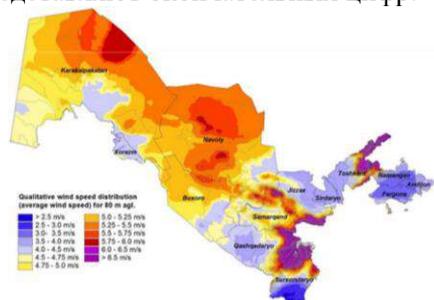


Рис. 1. Атлас ветров Республики Узбекистан



Рис. 2. Районы по ветровому потенциалу (более 5,5 м/с на высоте узла 100 м) Узбекистана

Ветровая турбина определяется по ее номинальной мощности (максимальная мощность, вырабатываемая машиной при расчетной скорости ветра, которая обычно выше средней скорости на месте).

Таблица 1

Результаты измерения анемометром (скорости ветра) на площадке Нукус [2]

Месяцы	Высоко доступность данных (%)	85,0 м (м/с)	83,4 м (м/с)	60,0 м (м/с)	40,0 м (м/с)	40,0 м (м/с)	20,0 м (м/с)
Апрел 2015	100	8,27	8,25	7,79	7,33	7,32	6,61
Май 2015	100	7,27	7,24	6,85	6,36	6,31	5,65
Июнь 2015	100	7,51	7,50	7,10	6,66	6,65	6,00
Июль 2015	100	6,72	6,70	6,37	5,96	5,92	5,37
Август 2015	100	7,04	7,05	6,63	6,15	6,13	5,48
Сентябрь 2015	100	7,33	7,33	6,82	6,25	6,19	5,49
Октябрь 2015	100	7,66	7,63	7,25	6,81	6,74	6,10
Ноябрь 2015	94,4	7,40	7,36	7,02	6,62	6,54	5,99
Декабрь 2015	99,2	8,77	8,70	8,20	7,74	7,71	6,99
Январь 2016	90,9	8,14	8,07	5,91	7,19	7,23	6,57
Февраль 2016	94,8	7,95	7,89	-	7,03	7,00	6,15
Март 2016	100	8,50	8,45	-	7,69	7,66	6,95
Среднее 2015-03-27 2016-03-31	98,3	7,70	7,67	7,1	6,81	6,77	6,11

Однако ветровые турбины производят мощность в диапазоне между начальной (скорость ветра, при которой турбина начинает вырабатывать энергию) и номинальной скоростью ветра (скорость ветра, при которой достигается номинальная мощность турбины).

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Номинальное выходное линейное напряжение каждого ветрогенератора 690 вольт с частотой 50 Гц.

Таблица 2

Результаты измерения анемометром (скорости ветра) на площадке Зарафшон [2]

Месяцы	Высоко доступность данных [%]	85,0 м (м/с)	83,4 м (м/с)	60,0 м (м/с)	40,0 м (м/с)	40,0 м (м/с)	20,0 м (м/с)
Апрел 2015	99,6	7,65	7,62	7,27	6,88	6,87	6,28
Май 2015	100	6,66	6,64	6,39	6,11	6,07	5,58
Июнь 2015	100	7,93	8,00	7,66	7,31	7,23	6,70
Июль 2015	100	8,91	8,93	8,59	8,21	8,22	7,53
Август 2015	100	7,49	7,50	7,21	6,89	6,87	6,31
Сентябрь 2015	100	8,19	8,17	7,81	7,42	7,41	6,73
Октябрь 2015	98,7	7,66	7,61	7,29	6,90	6,85	6,25
Ноябрь 2015	90,0	8,40	8,33	7,80	7,29	7,31	6,56
Декабрь 2015	89,2	9,32	9,22	8,63	8,06	8,11	7,26
Январь 2016	76,9	8,40	8,26	7,88	6,84	7,34	6,56
Февраль 2016	100	7,40	7,30	7,11	-	6,76	-
Март 2016	100	7,34	7,27	7,06	-	6,72	-
<i>Среднее</i> 2015-03-27 2016-03-31	96,2 %	7,96	7,92	7,58	7,26	7,17	6,62

Электрическая система состоит из различных связанных подсистем, как показано на рис. 3.

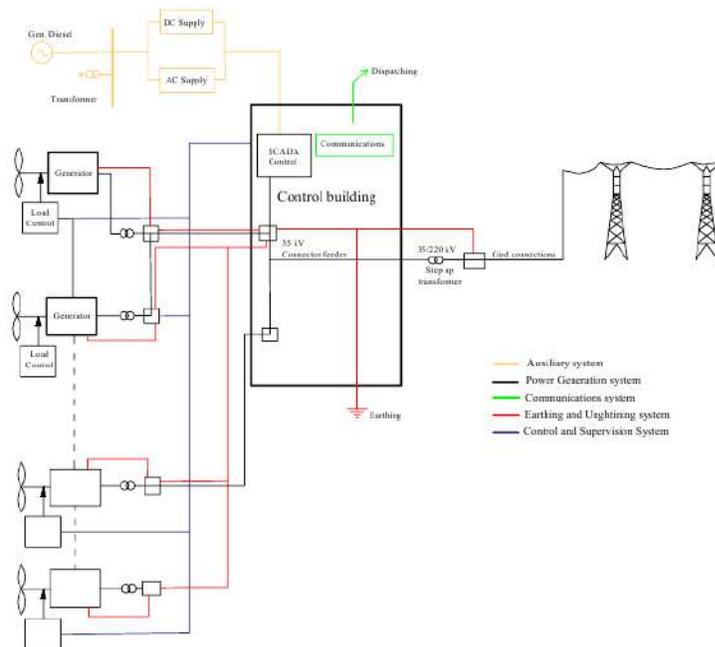


Рис. 3. Общая схема ветровой электростанции

Большинство современных ветровых турбин имеет высоту ступицы от 80 до 160 м. При этом малая высота ступицы используется в сочетании с малым диаметром ротора около 90 м и небольшими генераторами (1,8–2 МВт) для мест с умеренными ветровыми условиями (например, Vestas V90 1,8 МВт с высотой узла 80 м) или в сочетании с генераторами с мощностью, например, 3 МВт для мест с сильным ветром и высокой турбулентностью (например, Vestas V90 3,0 МВт с высотой ступицы 80 м). На большинстве береговых площадках ветровой потенциал увеличивается с высотой ступицы, а турбулентность уменьшается. Таким образом, большая высота ступицы используется для береговых площадок с низким ветром от 5 до 6,5 м/с в среднем в долгосрочной перспективе, поскольку они могут сочетаться с огромным диаметром ротора (например, Vestas V136 с генератором мощностью 3,5 МВт при высоте ступицы 149 м).

Для моделирования в качестве эксперимента была принята турбина Siemens, так как она соответствует действующим отраслевым стандартам, а турбина доступна с высотой ступицы 94 м, что очень близко к высоте мачты (85 м), а неопределенность из-за экстраполяции скорости ветра на высоту ступицы составляет очень низкий уровень. Кроме того, Siemens является известным производителем и уже имеет представительство в Ташкенте. На рис. 4 показана кривая мощности турбины Siemens SWT-3.0-101-3000. Она описывает конкретное отношение между скоростью ветра и выходной мощностью турбины и используется в этом исследовании для расчета долгосрочной годовой выработки электроэнергии.

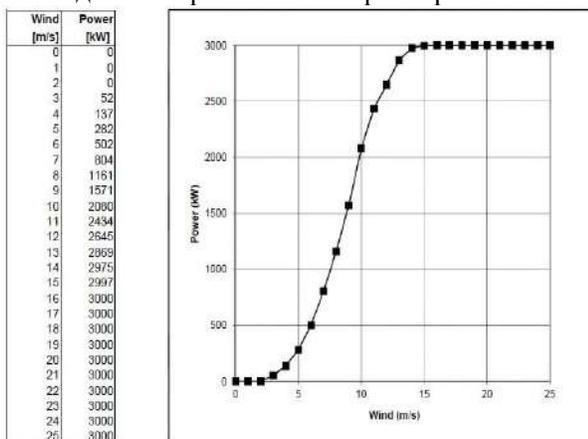


Рис. 4. Зависимость мощности от скорости ветра для турбины Siemens SWT-3.0-101-3000

Осуществлялась оценка долгосрочного годового ветрового потенциала и выработки энергии для планируемых площадок ВЭУ ветровой электростанции ВЭС Нукус. Скорость ветра принималась как по краткосрочным, так и по многолетним метеорологическим данным. Результаты показали, что возможны более или менее сильные отклонения ветрового потенциала отдельных лет от среднегодового многолетнего. Полученная выработка энергии может варьироваться в пределах 10 %.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Каждый метод расчета и прогноза ожидаемой мощности ветра в будущем, для определения выработки энергии одной ВЭУ или, особенно, для всей конфигурации ветровой электростанции, обязательно имеет свои неопределенности. Все используемые методы и процедуры не могут описать и воспроизвести влияние топографии и расположения ветропарка на средние ветровые условия, достаточно полно просчитанные во всех его деталях. Кроме того, нельзя гарантировать, что исходные входные данные временных рядов ветра подразумевают все ожидаемые метеорологические ситуации будущего и, таким образом, предсказывают их.

Известно, что Узбекистан в значительной степени зависит от ископаемого топлива для производства электроэнергии. Это привело к тому, что загрязнение воздуха, воды и почвы достигло уровня, достаточного для нарушения экологического баланса в ущерб здоровью людей и устойчивости окружающей среды. Из 160,5 млн тонн парниковых газов (в эквиваленте CO₂), произведенных на территории Узбекистана в 1999 г., энергетика произвела 137,3 млн тонн, т.е. 85,5% всех выбросов парниковых газов [11]. Ветровые электрические станции не будут иметь значительного загрязнения по сравнению с аналогичной электростанцией, работающей на ископаемом топливе. Наоборот, ВИЭ снизят негативное воздействие энергетического сектора на окружающую среду.

Вывод: 1. Выбранные участки ВЭС имеют очень хороший ветровой потенциал (Нукус - 7,6 м/с, Зарафшан - 7,9 м/с на высоте 85м). Участки совмещают в себе хороший ветровой потенциал, огромные свободные площади и возможности подключения к электрической сети.

2. Результаты расчетов ожидаемого долгосрочного потенциала ветра и выработки энергии были проверены и проанализированы на достоверность с использованием данных многолетнего анализа MERRA и CFSR и метеостанции Нукус. На основе анализа данных о различных ресурсах, периодах времени и непосредственной близости, неопределенность может быть значительно снижена.

Литература

1. Таджиев У.А., Киселева Е. И., Таджиев М.У., Захидов Р.А. Особенности формирования ветровых потоков над территорией Узбекистана и возможности их использования для выработки электроэнергии. Часть I.// Гелиотехника. 2014. № 3. - С. 46-52.

2. Йоханнес Беккер. Uzbekenergo / World Bank: Assessment of wind potential development of the Republic of Uzbekistan.

3. Захидов Р.А., Кремков В.М Потенциал ветровой энегетики Узбекистана// Гелиотехника. 2015. № 4. - С. 106-107.

4. Заварина М.В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 162 с.

5. Имамназаров А.Т., Имомназаров Т.А. Возможности использования ветроэнергетики в Узбекистане. / В сб. трудов международной научно – технической

конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики». – Ташкент, ТашГТУ, 2006. - С.308 – 310.

6. Туляганов М.М. Использование энергии ветра (из опыта стран ЕС). Conventional and Renewable Energy Technologies. Materials of the International Seminar. Pavlodar, TEI of Athens Pavlodar University, 26 – 27 July 2004.

7. Imomnazarov A.T., Najimova A.M., Reymov K.M. Prospects for the development of wind energy in the Republic of Karakalpakstan. / Problems of energy and sources saving. Tashkent. 2012. No. 3-4. Page 212-215.

8. System strength considerations in a converter dominated power system, H Urdal, R Lerna, J Zhu, C Ivanov, A Dahresobh, D Rostom, IET Renewable Power Generation, 2015, The Institution of Engineering and Technology, 2015.

9. Achieving a 100% renewable grid, B. Kroposki, B. Johnson, Y. Zhang, V. Gevorgian, P. Denholm, B. Hodge, B. Hannegan, IEEE Power and Energy Magazine, March/April 2017.

10. Executive Order of the President of the Republic of Uzbekistan, No. PP-4249, “On the Strategy of the further development and reform of the electricity sector of the Republic of Uzbekistan.

11. Vasikov, A. R. and Ososkova T.A. Key Economic Sectors and Technological Processes-Emissions of Greenhouse Gases. / Bulletin #5. Technological Aspects of Greenhouse Gas Emissions Reductions in Sectors of the Economy of Uzbekistan and of Reducing the Negative Impact of Climate Change. Uzhydromet, Tashkent, 2001. pp. 5-12.

*Представлено Каракалпакским
государственным университетом*

УДК:620.92

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ БАТАРЕЙ РАЗЛИЧНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

И.Р. Жураев, И.А. Юлдошев, З.И. Жураева

Ушбу мақолада ёз мавсумининг турли саналарида ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижаларининг қиёсий таҳлили келтирилган. Ҳар хил конструкцияли металл ва композит материалларга асосланган иссиқлик батареялари ўрнатилган фотоэлектрик иссиқлик батареяларининг электр ва иссиқлик параметрларининг ўртача кунлик қийматлари таққосланди. Жадвал шаклида келтирилган маълумотларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, фотоэлектрик иссиқлик батареялари иссиқлик, электр қуввати ва самарадорлиги бўйича фотоэлектрик модулларга нисбатан тегишли афзалликларга эга. Олинган натижаларга асосан, ушбу ишлаб чиқилган фотоэлектрик иссиқлик батареяларининг конструкцияларини хужалик ва турмуш эҳтиёжлари учун электр ва иссиқлик энергиясини бир вақтнинг ўзида ишлаб чиқариш учун самарали қўллаш мумкинлиги аниқланди.

Калит сўзлар: *фотоэлектрик иссиқлик батарея, фотоэлектрик модул, иссиқлик батарея, иссиқлик ва электр қуввати, самарадорлик.*

В данной статье представлен сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований, проведенных в разные периоды летнего сезона. Были сопоставлены среднесуточные значения электрических и тепловых параметров фотоэлектрических тепловых батарей, в которых были установлены тепловые батареи на основе металла и композитных материалов различных конструкций. Анализ данных, представленных в виде таблицы, показывает, что тепловые батареи обладают соответствующими преимуществами с точки зрения тепловой, электрической мощности и эффективности. На основании полученных результатов было установлено, что конструкции разработанных фотоэлектрических тепловых батарей могут быть эффективно применены для одновременного производства электрической и тепловой энергии для бытовых и хозяйственных нужд потребителей.

Ключевые слова: *фотоэлектрическая тепловая батарея, фотоэлектрический модуль, тепловая батарея, тепловая и электрическая мощность, эффективность.*

This article presents a comparative analysis of the results of experimental studies conducted on different dates of the summer season. The average daily values of electrical and thermal parameters of photovoltaic thermal batteries were compared, in which thermal batteries based on metal and composite materials of various designs were installed. The analysis of the data presented in the form of a table shows that thermal batteries have corresponding advantages in terms of thermal, electrical power and efficiency. Based on

the results obtained, it was found that the designs of the developed photovoltaic thermal batteries can be effectively used for the simultaneous production of electrical and thermal energy for household needs of consumers.

Keywords: *photovoltaic thermal battery, photovoltaic module, thermal battery, thermal and electrical power, efficiency.*

Введение. В Постановлении Президента РУз от 09.04.2021г «ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан» предусмотрены задачи по изучению и внедрению эффективных способов использования возобновляемых источников энергии и водорода в высокотехнологических сферах и отраслях экономики за счет превращения полученной от них энергии в электрическую и тепловую энергию [1]. Задача предотвращения перегрева модулей и обеспечение стабильной эффективной работы фотоэлектрических установок является одним из основных научно-практических задач, требующих оптимальные решения в этой области исследований. В процессе работы модулей только 10-15% солнечной энергии в точке максимальной мощности преобразуется в электрическую энергию, остальная часть превращается в тепло [2]. Влияние температуры нагрева на характеристики модулей изучали также многие исследователи [3, 4]. Данная задача привела к созданию технологии фотоэлектрических и тепловых установок различных конструкций. В течение прошедших лет ученые разработали разные способы охлаждения модулей. Разработка и создание тепловых установок были проведены учеными России, которые описаны в работах [5-9]. Разработки и решения вопроса теплоотвода и производства электрической и тепловой энергии проводились также учеными Узбекистана. В работах [10, 11] описаны разработки и соответствующие исследования фотоэлектрических тепловых преобразователей. В большинстве исследований этих исследователей было уделено основное внимание модулям с кристаллическими структурами на основе кремния. Данное направление исследований позволяет создать солнечные энергетические установки для одновременного производства электрической и тепловой энергии.

Основная часть. Были разработаны и созданы несколько конструктивных разновидностей фотоэлектрических тепловых батарей (ФЭТБ). Общий вид экспериментальной установки ФЭТБ приведено на рис1. Фотоэлектрическая тепловая батарея (ФЭТБ), состоящая из фотоэлектрического модуля тонкопленочной технологии на основе CdTe, размеров 1200x600 мм, с приспособленной на тыльную сторону тепловой батареей соответствующих конструкций. Фотоэлектрический модуль указанного типа имеет следующие характеристики, согласно паспорту производителя, которые приведены в табл.1.

Конструктивные отличия разных видов ФЭТБ заключались видом используемых материалов для абсорберов в виде тепловой батареи. А также, конструкцией тепловой батареи, способами крепления, утепления, объемом вместимости теплоносителя, технологическим циклом и рядом других параметров.

Таблица 1

Паспортные данные фотоэлектрического модуля

Тип и марка модуля	Номинальные значения при условиях STC: 1000 Вт/м ² , 25 ⁰ С, AM1,5		
	Напряжение холостого хода U_{xx} , В	Ток короткого замыкания $I_{кз}$, А	Мощность P_n , Вт
Тонкопленочный на основе CdTe ASP-S1-90, Габаритные размеры 1200x600 мм	122	1,06	90



Рис.1. Фото экспериментальной установки ФЭМ и ФЭТБ

Ниже, на рис 2 приводим разработанные виды тепловых батарей для ФЭТБ. Каждый из видов тепловых батарей, приведенных на рис.2, в отдельные дни проведения экспериментов были установлены к тыльной стороне ФЭМ. После установки каждого вида тепловой батареи экспериментальная установка образовалась в виде ФЭТБ.

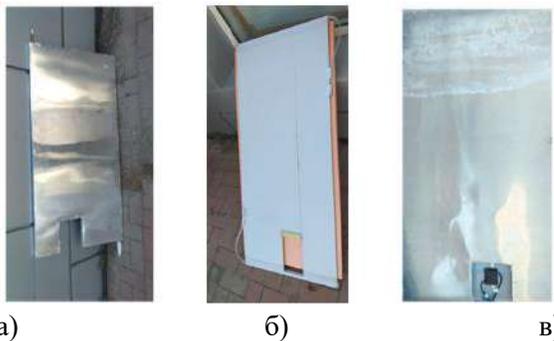


Рис.2. Виды тепловых батарей:

- а) тепловая батарея из комбинации металлов «лист-труба»; б) тепловая батарея из композитных материалов; в) тепловая батарея типа «алюминиевый радиатор»

Описание конструкций тепловых батарей:

- тепловая батарея из комбинации металлов «лист-труба» (рис 2, а) представляет собой сборную единицу из абсорбера в виде короба из алюминиевого листа с

прикрепленной с внутренней стороны короба, медных трубок в виде плоского змеевика с равномерным шагом, по контуру которого циркулирует теплоноситель (вода, пропиленгликоль, антифриз и другие органические жидкости). Гладкая и ровная поверхность алюминиевого короба хорошо прилегает к тыльной поверхности модуля и излишнее тепло передается теплоносителю и происходит охлаждение модуля за счет соответствующего теплообмена;

- тепловая батарея из композитных материалов представляет собой абсорбера в виде композитного материала из каменно-полимерного композита (рисунок 2, б). В качестве него можно применить конструкции из композиций других материалов в сочетании (металл-полимерные, древесно-полимерные, глиноземно-композитные, каменно-полимерные и другие). Батарея из композита является литой конструкцией с прямоугольными проточными каналами для циркуляции теплоносителя, которая за счет гладкой поверхности создает плотный контакт с теплоотводящей поверхностью модуля;

- тепловая батарея из металлов высокой теплопроводности и теплоемкости, в частности это батарея, изготовленная из алюминиевых листов малой и средней толщины в комбинации в виде сборочного короба с закрепленными радиаторными теплообменниками («алюминиевый радиатор») с внутренней стороны короба (рис 2, в). За счет высокой теплопроводности алюминия и прямого плоского контакта с тыльной стороной модуля осуществляется эффективный теплоотвод с передачей тепла теплоносителю.

Применение технологичных и относительно дешевых, простых в изготовлении и практичных установок является приоритетом в разработках энергоустановок гелиотехники [12]. Задача снижения температуры нагрева и соответственно повышения эффективности фотоэлектрических модулей можно осуществить с улучшением теплоотвода от модулей. Данная задача непосредственно связана с теплопроводностью контактирующих материалов, используемых в качестве абсорберов. В данной работе приводим сравнительные результаты экспериментальных исследований электрических, тепловых и энергетических показателей опытных конструкций ФЭТБ с абсорберами в виде тепловой батареи с различными конструктивными разработками.

Кроме теплотехнических параметров ФЭТБ важными энергетическими показателями являются электрическая и тепловая мощность и эффективность установок.

Значения электрической, тепловой мощности и эффективности (коэффициента полезного действия - КПД) ФЭТБ были рассчитаны соответственно по следующим эмпирическим формулам [13].

Формула для расчета тепловой мощности батареи:

$$P_{Тб} = c \cdot \rho \cdot l(T_{ВЫХ} - T_{ВХ}); \quad (1)$$

здесь, c - удельная теплоемкость воды, 4174 дж/кг*К при температуре 30°C, ρ -плотность воды, 1000 кг/м³, l -удельный расход воды в тепловую батарею, м³/час*м², $T_{ВЫХ}$ – температура воды на выходе из батареи, °С, $T_{ВХ}$ – температура воды на входе в батарею, °С.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Формула для расчета электрической эффективности модуля:

$$\eta_{эл} = \frac{P_{эл}}{W * S_M}; \quad (2)$$

здесь, $P_{эл}$ - электрическая мощность модуля, Вт, W - плотность потока солнечной радиации, Вт/м², S_M – площадь поверхности фотоэлектрического модуля, м².

Электрическая мощность модуля $P_{эл}$, по измеренным значениям напряжения холостого хода и тока короткого замыкания можно подсчитать по следующей эмпирической формуле [14] :

$$P_{эл} = U_{xx_и} \cdot I_{кз_и} \cdot k; \quad (3)$$

где, $U_{xx_и}$ $I_{кз_и}$ – соответственно, фактически измеренные значения напряжения холостого хода и тока короткого замыкания исследуемого модуля, k -коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики (ВАХ), рассчитывается как отношение номинальной мощности модуля к произведению номинальных значений $U_{xx_н}$ с $I_{кз_н}$, значения которых берутся по паспорту производителя модуля ($P_n=90$ Вт, $U_{xx_н}=122$ В, $I_{кз_н}=1,06$ А):

$$k = P_n / (U_{xx_н} \cdot I_{кз_н}). \quad (4)$$

Рассчитаем по формуле (4) k - коэффициент заполнения ВАХ для исследуемого модуля по следующему:

$$k = 90 / (122 * 1,06) = 0,7.$$

Формула для расчета тепловой эффективности батареи,

$$\eta_{тб} = \frac{P_{тб}}{W * S_{тб}}; \quad (5)$$

здесь, $P_{тб}$ - тепловая мощность батареи, Вт, W -плотность потока солнечной радиации, Вт/м², $S_{тб}$ – полезная площадь тепловой батареи, м².

Рассчитанные по формулам (1), (2), (3) и (5) значения тепловой, электрической мощности и эффективности (КПД) ФЭТБ занесены в табл.2.

При расчетах средние значения соответствующих величин в формулах были взяты из экспериментальных измерений, которые проводились в промежутке времени с 9-30 до 17-30 светового дня в июле и августе месяцев 2022 г [15].

Таблица 2

Сравнительные значения технико-энергетических показателей, разработанных ФЭТБ различных конструкций

Наименование параметров	Конструктивный вид тепловой батареи					
	Лист-труба		Композит		Алюм.радиатор	
	Сред. Знач.	%	Сред. Знач.	%	Сред. Знач.	%
Напряжение холостого хода, В	1,5	1,4	1,4	1,3	2,8	2,6
Ток короткого замыкания, А	0,02	2,3	0,01	1	0,01	0,3
Увеличение электрической мощности модуля ФЭТБ относительно мощности ФЭМ за счет охлаждения $P_{эл}$, Вт	2,03	3,9	1,1	1,9	2,6	4,2
Разность снижения температуры модуля, °С	-6,3	-9,4	-6,1	-10	-14,1	-21,9
Температура ФЭМ, °С	64,02		61,55		64,3	
Температура ФЭТБ, °С	58,11	-	55,41	-6,14	50,2	-14,1

Температура воздуха, °С	38,2	5,91	33,6	35	
Удельное отношение разности снижения температуры модуля к температуре воздуха		-15,5		-18,3	-40,3
Объем выработанной нагретой воды за 8ч, л	123		121	134	
Средняя производительность выработки нагретой воды, л/ч	18,3		19,6	20,7	
Среднее приращение температуры холодной воды теплоносителя, °С	12,6		13,5	12,7	
Плотность потока солнечной радиации, Вт/м ²	541		593	570	
Полезная площадь модуля, м ²	0,72		0,72	0,72	
Полезная площадь батареи, м ²	0,7		0,7	0,7	
Тепловая мощность ФЭБ, Вт/м ²	290		309	315	
Тепловая эффективность ФЭТБ (КПД), %		76,6		74,8	78,9
Электрическая мощность модуля ФЭТБ, Вт	66,2		74,8	64,3	
Электрическая эффективность модуля ФЭТБ (КПД), %		17,0		17,5	15,7

Выводы. Разработанные конструктивные разновидности тепловых батарей, собранные в установку «фотоэлектрическая тепловая батарея» были экспериментально испытаны в разных датах летнего сезона этого года. В исследованиях проводились экспериментальные измерения внешних метеорологических параметров, электрических, тепловых характеристик экспериментальных установок. Сравнительный анализ результатов среднесуточных значений экспериментальных измерений показали соответствующие преимущества разработанных конструкций, в части увеличения мощности и эффективности ФЭТБ. По анализу можно сделать вывод, о применимости конструкции ФЭТБ для производства электрической и тепловой энергии для удовлетворения бытовых и хозяйственных потребностей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства инновационного развития Республики Узбекистан в рамках проекта Ф-ОТ-2021-497 «Разработка научных основ создания солнечных когенерационных установок на основе фотоэлектрических тепловых батарей»

Литература

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 09.04.2021 г. N-ПП-5063 "О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан".
2. Бессель В. В., Кучеров В. Г., Мингалеева Р. Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: Учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016, с.90.
3. Skoplaki E, Palyvos J. Operating temperature of photovoltaic modules: a survey of pertinent correlations/ Renew Energy. 2009. – № 34. – P. 23-29.

4. Skoplaki E, Palyvos J. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance/ A review of efficiency/power correlations // Solar Energy. 2009. – № 83. – P. 614-624.

5. Кувшинов В.В., Бекиров Э.А., Теплофотоэлектрическая установка для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Строительство и техногенная безопасность, 2019 №15(67).

6. Харченко В.В. Комплекс мониторинга основных параметров гелиоустановок с фотопреобразователями. Журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2013, №2 (119), С.32–36.

7. Харченко В.В., Никитин Б.А., Тихонов П.В., Макаров А.Э. Теплоснабжение с использованием фотоэлектрических модулей. Техника в сельском хозяйств, 2013, №5, С.11-12.

8. Стребков Д.С., Никитин Б.А., Харченко В.В., Гусаров В.А., Тихонов П.В. Влияние температур в широком интервале значений на параметры солнечных элементов. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2013. №4, С. 46-48.

9. Харченко В.В., Тихонов П.В., Майоров В.А. Измерение параметров гелиоустановок с фотопреобразователями. Журнал «Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность», 2013, №6, с.35-37.

10. Турсунов М.Н., Юлдошев И.А., Разработка фотоэлектрических батарей. Проблемы энерго и ресурсосбережения – Ташкент, 2011, Специальный выпуск: С. 160-165.

11. Турсунов М.Н., Дадамухамедов С., Юлдошев И. А., Турдиев Б.М., Комбинированная фототеплопреобразовательная установка. Материалы РНПК Нанотехнологии и возобновляемые источники энергии, Ташкент, 27-28 апреля 2012 С. 173-175.

12. Ощепков М.Ю, Фрид С.Е, Перспективы применения композиционных материалов в гелиотехнике. Материалы 5-международной конференции «Композитный мир», Минск, 2015.

13. D. S. Strebkov and N. S. Filippchenkova. Results of an Experimental Study of a Solar Photovoltaic-Thermal Module ISSN 0003-701X, Applied Solar Energy, 2020, Vol. 56, No. 6, pp. 442–448.

14. Способы измерения мощности солнечных батарей, [Дата обращения 07.08.2022г].

15. Жураев И.Р., Юлдошев И.А., Жураева З.И. Экспериментальное изучение фотоэлектрической тепловой батареи на основе тонкопленочной структуры в натуральных условиях. Сборник материалов республиканской конференции, 23-24-сентября 2022, Карши ИЭИ, С.462-468.

*Представлено Ташкентским
государственным техническим университетом*

УДК 621.31

**ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ (ВИЭ) И
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ИЭС)****А.Г. Салиев, Н.Н. Нормаматов, М.М. Эргашев, Н.Қ. Пулатов**

Иерархия принципи асосида электроэнергетика системасини бошқаришида ўзига хос ташкилий-техник объектларга нисбатан генерация, тақсимлаш ва исътемом қилиш балансини бир меъёрда ушлаб туришни амалга оширади. Жаҳон тажрибаси таҳлили шуни кўрситадики, фаол мослашувчан тармоқ (ФМТ) ва унинг элементларини электр тармоғига жорий этиш электр таъминоти ишончилигини ошириш имконини беради.

Калит сўзлар: Қайта тикланувчи энергия манбалари (ҚТЭМ), интеллектуал электр энергетика тизими (ИЭЭТ), электр энергетика тизими (ЭЭТ), анъанавий тармоқ, фаол мослашувчан тармоқ (ФМТ).

Созданное по иерархическому принципу управление электроэнергетической системой является уникальным организационно-техническим объектом, которое обеспечивает сбалансированное единство генерации, распределения и потребления электроэнергии. Анализ мирового опыта показал, что внедрение в активно-адаптивной сети (ААС) и её элементов позволяет повысить надежность электроснабжения.

Ключевые слова: Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), интеллектуальные электроэнергетические системы (ИЭС), электроэнергетическая система (ЭЭС), традиционная сеть, активно-адаптивная сеть (ААС).

The electric power system created according to the hierarchical principle of management is a unique organizational and technical object, which ensured a balanced unity of generation, distribution and consumption of electricity. An analysis of world experience has shown that the implementation in an active adaptive network (AAN) and its elements into the electrical network makes it possible to increase the reliability of power supply.

Key words: Renewable energy sources (RES), intelligent electric power system (IEPS), electric power system (EPS), traditional net, active-adaptive net (AAN).

Реструктуризация электроэнергетики, рыночные условия её функционирования вносят свои особенности и проблемы требующие создания клиентно-ориентированной электроэнергетики, обеспечение существенно более надежного электроснабжения потребителей, привлечение последних к участию в процессе управления режимами работ энергосистемы, особенно имеющих в структуре ВИЭ.

Задача эта является безусловно актуальной для электроэнергетики. Ведущая роль при модернизации электроэнергетики на новых принципах отводится

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

электрической сети как структуре, обеспечивающей надежные связи генерации и потребления, с учетом ВИЭ. Новейшие технологии, применяемых в сетях, основанные на адаптации характеристик оборудования, в зависимости от режимной ситуации, активное взаимодействие с генерацией и потребителями позволяют создавать эффективно функционирующую систему, в которую встраиваются современные информационно-диагностические системы, системы автоматизации и управления всеми элементами, включенными в процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии [5-9].

В создании интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС), под которой понимается система, в которой принимают активное участие все субъекты электроэнергетического рынка (генерация, сеть, потребители).

Электрическая сеть составе ИЭС электрическая сеть из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии превращается в активной элемент, параметры и характеристики которой изменяются в зависимости от режимов работы энергосистемы [6, 10, 11].

Для реализации этой новой функции сети оснащаются современными быстродействующими устройствами силовой электроники и системами, обеспечивающими получение информации о режимах работы сети и состоянии оборудования в режиме реального времени. В сетях и у потребителя находят широкое применение различного рода накопители (аккумуляторы) электрической энергии, а потребители становятся активными участниками процесса распределения электроэнергии.

ИЭС ААС оснащаются современными системами автоматизации управления нормальными и аварийными режимами работы, в которых используются мощные компьютерные средства для управления и оценки состояния ИЭС.

Для целей достижения энергоэффективности, снижения потерь, помимо применения современного экономичного оборудования и технологий, применяются и технологии, основанные на использовании явлений сверхпроводимости.

Должны быть созданы условия для широкого использования децентрализованных (распределенная генерация) ВИЭ, способных повысить генерацию у потребителей [1-5].

Сопоставление традиционной сеть с активно-адаптивной сетью показана в следующей табл.№1.

Таблица №1

	Традиционная сеть	Активно-адаптивная сеть
1. Сети потребителей		
1.1. Автоматизированная система управления энергопотреблением со стороны ЭЭС, в т.ч. с вовлечением потребителей-регуляторов к участию в режимном управлении	Нет	Есть
1.2. Автоматизированная система учета электропотребления	Недостаточно	Повсеместно

1.3. Система регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности	Недостаточно	В необходимом объеме
1.4. Местные (резервные) источники генерации	Практически отсутствуют	Широко применяется малая генерация + накопители э/э
1.5. Наличие интерфейса связи с единым центром управления	Нет	Есть
1.6. Интеллектуальные энергосберегающие технологии в системах электроснабжения, в т.ч. «умный дом» - «умный город»	Нет	Есть
2. Распределительные сети общего пользования		
2.1. Системы автоматического контроля поузлового баланса активной и реактивной мощности	Незначительно	Повсеместно
2.2. Системы контроля качества электроэнергии в узлах сети	Незначительно	Есть
2.3. Системы автоматического управления нагрузкой потребителей	Нет	Есть
2.4. Наличие управления сетевых элементов, изменяющих параметры сети	Незначительно	Есть
2.5. Наличие систем управления для поддержания баланса при выделении узлов на изолированную работу	Нет	Есть
2.6. Системы контроля и управления надежностью электроснабжения	Нет	Есть
3. Системообразующие сети ОЭС		
3.1. Системы автоматического контроля по балансу активной и реактивной мощности, потерь электрической энергии	Нет	Есть
3.2. Системы контроля напряжения в контрольных точках сети	Не развита	Повсеместно
3.3. Системы оценки текущего состояния (режима) сети	Есть пассивная	Есть активная
3.4. Наличие сетевых элементов, изменяющих топологию сети по управляющим воздействиям	Практически нет	Есть
3.5. Система автоматического контроля загрузки критических сечений и выдачи управляющих воздействий для их разгрузки	Есть	Дополнительно автоматическое управление параметрами и конфигурацией сети
3.6. Система регулирования частоты и поддержания баланса активной мощности в отделившихся энергорайонах при аварийных ситуациях	Не развита	Автоматическое управление
3.7. Автоматизированная технология реконфигурации электрических сетей	Локальное применение в распределительные сети	Есть
3.8. Системы мониторинга переходных процессов на базе синхронизированных векторных измерений	Локальное применение	Повсеместно
4. Межсистемные государственные сети		
4.1. Системы оценки текущего состояния (режима) передачи	Есть пассивная	Есть активная
4.2. Система автоматического контроля загрузки передачи и выдачи управляющих воздействий для	Есть	Дополнительно-автоматическое

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

ее разгрузки (при перегрузке)		управление параметрами и конфигурацией сети
-------------------------------	--	---

Как указано в табл.№1 для создания и развития ИЭС ААС необходима выполнить:

– разработку и последующее применении новых типов силового оборудования, придающего электрической сети активные свойства (на основе силовых полупроводников, новых видов материалов, высокотемпературной сверхпроводимости и пр.);

– создание новых средств и систем релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики, диагностики оборудования;

– создание новых систем и средств учета энергоресурсов;

– разработку систем управления подстанциями нового поколения;

– развитие существующих, разработка и внедрение новых иерархических систем координации и управления пере токами мощности и регулирование частоты (АРУМ), а также автоматизированного управления генерацией;

– обеспечение нового качества мониторинга и защиты сетей от внешних воздействий (молниезащита, гололёдно-ветровые воздействия, провисание проводов и т.д.);

– обеспечение мониторинга параметров надежности и качества предоставляемых услуг по передаче электрической энергии [4].

Основные новые качества ИЭС ААС:

1. Обеспечение равного доступа любых производителей и потребителей электрической энергии к услугам инфраструктуры. Создание специальных интерфейсов для унифицированного и надежного подключения к сетям возобновляемых и нетрадиционных источник энергии на условиях параллельной работы в составе энергосистемы.

2. Участие в управлении режимом работы ИЭС генерации, управляемых элементов сетевой инфраструктуры, потребителей электроэнергии.

3. Обеспечение «активности» потребителей электроэнергии за счет их оснащения интеллектуальными системами учета с возможностью ситуационного управления спросам. Обеспечение за счет применения систем рационального использования энергии в нормальных режимах и управления потреблением электроэнергии с целью поддержания требуемых параметров функционирования ИЭС.

4. Наличие достаточных объемов информации о текущем состоянии электрической сети и ее элементов (включая векторные измерения), и внешней среде (освещенность, осадки, гололед, ветровые нагрузки и другие метеофакторы), а также о современной систем управления, позволяющей в реальном времени обрабатывать указанную информацию.

5. Обеспечение максимальной самодиагностики элементов ИЭС, использование ее результатов в алгоритмах функционирования автоматических систем режимного и противоаварийного управления.

6. Наличие распределенных и иерархических централизованных систем режимного и противоаварийного управления, основанных на адаптивных алгоритмах реального времени.

7. Применение быстродействующих программ и вычислительных ресурсов, обеспечивающих как выработку автоматических управляющих воздействий, так и предоставление рекомендаций (с помощью экспертных и других систем) диспетчерскому, оперативно-техническому и ремонтному персоналом для реализации управляющих воздействий и проведения необходимых работ [3].

Управление энергосистемой с активно-адаптивной сетью:

1. Цель управления заключается в обеспечении в режиме реального времени оптимального функционирования энергосистемы в нормальных, предаварийных, аварийных и послеаварийных режимах за счет повышения пропускной способности сети, управление потоками энергии и мощности по критериям надежности и живучести энергосистемы и межсистемных связей, а также поддержание заданных условий надежности и показателей качества у электроэнергии потребителей.

2. Как объект управления, энергосистема с активно-адаптивной сетью представляет сложную организационно-технологическую структуру, в которой, кроме технологических проблем, должны учитываться различные бизнес-интересы и идеология многих заинтересованных сторон, в том числе:

- потребителей электрической энергии;
- собственников генерирующих установок;
- собственников (управляющих) сети;

Из вышеизложенных групп (1÷2) центральными являются задачи второй группы А, в состав которых включены многие задачи, не решаемые в настоящее время в процессе управления энергосистемой, но необходимость решения которых определяется условиями и особенностями работы энергосистемы в настоящее время и перспективе [10].

В их числе задачи, связанные с определением области статической устойчивости в пространстве коэффициентов регулирования; с расчетами показателей качества электрической и тепловой энергии; оценкой и обеспечением надежности электро- и теплоснабжения потребителей и безопасности работы энергообъектов для людей и окружающей среды; оценкой надежности и качества топливоснабжения электростанций; формированием советов диспетчеру при управлении режимом по критериям надежности; оценкой маневренных характеристик (регулируемого диапазона и др.) электростанций; планированием ремонтов основного оборудования по результатам диагностики его состояния; управление электропотреблением с обратной связью и некоторые другие [11].

Выводы: 1. Анализ мирового опыта показал, что внедрение в электрическую сеть активно-адаптивных элементов позволяет повысить надежность электроснабжения, снизить капиталовложения в строительство новых объектов, а также гибко регулировать потоки мощности, обусловленные изменениями генерации и потребления. Одновременно обеспечить высокую экономическую эффективность работы всей энергосистемы и потребления.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

2. Выявлено, что интеллектуальная сеть требует разработки и внедрения целого комплекса инновационного оборудования и технологий, что в свою очередь является проблемой по внедрению данной концепции.

Литература

1. Понятие и назначение ИЭС ААС. Мега лекции <https://megalektsii.ru/s30739t7/Html> от 09.12.2019.

2. «Умные» сети в электроэнергетике. <https://refdb.ru/look/1204223>. Html от 11.12.2019.

3. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью (ИЭС АСС). <https://electricalnet.ru/blog/kontseptsiya-intellektualnoi-elektroenergeticheskoi-sistem> от 12.12.2019.

4. Интеллектуальная энергетика. <https://www.eriras.ru/date/788/rus> от 12.12.2019

5. Интеллектуальные технологии в энергетике. ПВ.РФ международный обзор промышленности. <https://promvest.info.ru/inzhenernyie-seti-zhkh/intelektuelnyii-technologie-v-energetike/> от 12.12.2019.

6. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы ее развития. / Под общей редакцией академика А.У. Салимова. - Т. Fan va tehnologiyalar. 2021,-С.952.

7. Mirzabaev A.M., Isakov A.J., Mirzabekov Sh.M., Makhkamov T.A., Kodirov D. Problems of integration of the photovoltaic power stations with the grid systems, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 614(1), 012016.

8. Sitdikov O.R., Mirzabaev A.M., Makhkamov T.A., Mirzabekov Sh.M. Patterning aspects of small solar power development in Uzbekistan, E3S Web of Conferences, 2019, 139, 01010.

9. Mirzabaev A.M., Sytdykov, O.R., Makhkamov T.A., Verchenko P.E., Mirzabekov Sh.M. Photovoltaic Plants for Water Lift Systems, Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika), 2018,-С.346-349.

10. Allaev K.R. 2016, Electrical engineering in Uzbekistan and perspectives of its development, (Tashkent: Science and Technologies).

11. Mirzabaev A.M., Kanonerov V.P., Makhkamov T.A., Sytdykov, O.R., Mirzabekov Sh.M. Photovoltaic Power Supply Unit for the Basic Stations of Cellular Companies, Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika), 2018, 54(3),-С. 224-226.

*Представлено Ташкентским государственным
техническим университетом*

УДК 621.477.042

ПОГРЕШНОСТИ ПРОТОЧНОГО КАЛОРИМЕТРА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПЛОТНОСТИ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СОЛНЕЧНОГО ПОТОКА**Ш.И. Клычев, Ю.Б. Собиров, С.Ш. Махмудов, Ш.М. Ахмадов**

Ушбу мақолада, концентраторларнинг фокал майдонидаги мужассамлаштирилган Қуёш нурлари оқими зичлиги тақсимотини калориметр орқали ўлчаши услуби ёритилган. Ушбу соҳада илмий тадқиқотлар олиб борган олимларнинг илмий-амалий ишлари натижалари таҳлил қилинган. Таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, олиб борилган илмий изланишларда калориметрик ўлчаши натижаларининг хатолик даражалари кенг ёритилмаганлиги, ҳамда ушбу хатолик даражаларини камайтириши ечимлари тўлиқ кўриб чиқилмаганлигини англатади. Юқоридаги айрим камчиликларни инобатга олган ҳолда, ушбу мақолада, қуёш концентраторларининг фокус майдонида ҳосил бўлган мужассамлашган қуёш нурланиши оқим зичлигини калориметрик услубда юқори аниқликда ўлчашининг хисобий ечимлари келтирилган. Мақолада биз фойдаланган калориметрнинг схемаси ва ишчи юзасига тушаётган қуёш нури оқим зичлиги миқдорини ўлчаши аниқлиги таҳлил қилинган. Натижада, ушбу хатолик калориметрга кирувчи ва ундан чиқувчи сув температураси ва тезлигига боглиқ эканлиги кўрсатилаган. Илмий изланишлар натижасида калориметр ёрдамида мужассамлашган қуёш нур оқим зичлигининг энг юқори ва энг паст қийматларини ҳам ўлчаши имкониятлари мавжуд эканлиги хисоблаб чиқилди.

Калим сўз. концентратор, калориметр, фокал майдон, Қуёш нурланиши оқим зичлиги, иссиқлик оқимининг зичлиги, фокус текислик, ҳарорат фарқи, иссиқлик йўқотилиши.

В данной статье представлен метод измерения распределения плотности потока солнечной радиации, в фокальной зоне концентраторов, с помощью калориметра. Проанализированы результаты научно-практических работ ученых, проводивших научные исследования в этой области. Результаты анализа показывают, что уровни погрешности результатов калориметрических измерений не получили широкого освещения в научных исследованиях, а решения по снижению значения этих погрешностей не рассматривались в полной мере. С учетом некоторых из перечисленных недостатков в данной статье представлены расчетные решения для калориметрического высокоточного измерения плотности концентрированного потока солнечного излучения в фокальной зоне параболических солнечных концентраторов. В статье анализируется схема использованного нами калориметра и точность измерения плотности концентрированного потока солнечного излучения, попадающего на рабочую поверхность калориметра. В результате было показано, что эта погрешность зависит от температуры и скорости воды на входе и выходе из калориметра. В результате научных

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

исследований было подсчитано, что с помощью калориметра можно измерять как самые высокие, так и самые низкие значения плотности концентрированного солнечного потока.

Ключевые слова: концентратор, калориметр, фокальная зона, плотности потока солнечной радиации, плотность теплового потока, фокальная плоскость, разность температур, тепловых потерь.

This article presents a method for measuring the distribution of solar radiation flux density in the focal zone of concentrators using a calorimeter. The results of scientific and practical work of scientists who conducted scientific research in this area are analyzed. The results of the analysis show that the levels of error in the results of calorimetric measurements have not received wide coverage in scientific research, and solutions to reduce the value of these errors have not been fully considered. Taking into account some of the above disadvantages, this article presents computational solutions for high-precision calorimetric measurement of the density of a concentrated solar radiation flux in the focal zone of parabolic solar concentrators. The article analyzes the scheme of the calorimeter used by us and the accuracy of measuring the density of the concentrated flux of solar radiation falling on the working surface of the calorimeter. As a result, it was shown that this error depends on the temperature and velocity of water at the inlet and outlet of the calorimeter. As a result of scientific research, it has been calculated that with the help of a calorimeter it is possible to measure both the highest and the lowest values of the density of the concentrated solar flux.

Keywords: concentrator, calorimeter, focal zone, solar radiation flux density, heat flux density, focal plane, temperature difference, heat loss.

Введение. Одними из наиболее распространенных методов измерения концентрированных лучистых потоков в гелиотехнике является использование проточных калориметров, которые, в отличие от всех других типов датчиков лучистого потока, не требуют специальной градуировки [1-5].

Плотность теплового потока - важнейший параметр, определяющий тепловое состояние объекта испытаний (ОИ), и корректность результатов экспериментов во многом зависит от точности его определения. Характерной особенностью высокотемпературных теплофизических исследований является интенсивное проявление процессов, сопутствующих нагреву, в нестационарном и быстропротекающем режимах, поэтому определение теплового потока непосредственно в процессе испытаний не всегда возможно. Чаще всего плотность теплового потока в различных режимах работы нагревательных устройств определяют посредством независимых измерений с использованием датчиков (калориметров) теплового потока.

Поскольку измеренный поток излучения (поток к калориметру) содержит частичное отражение падающего излучения и собственное излучение чувствительного (калориметрического, тепловоспринимающего) элемента, то для него справедливо соотношение:

$$q_w = A_w q_{wro} - \varepsilon_w \sigma_B T_w^4; \quad (1)$$

где A_w, ε_w –поглощательная и излучательная способности калориметрического элемента; q_{wro} –плотность потока падающего излучения; σ_B – постоянная Больцмана; T_w – температура поверхности [6].

Особенности измерения лучистого потока и его распределения в фокальной плоскости калориметрами, требования к условиям, обеспечивающим уменьшение погрешностей измерения рассмотрены в ряде работ [7 ÷ 11].

В то же время вопросы собственно погрешности калориметрического измерения лучистых потоков недостаточно раскрыты.

Так, обычно, лучистые потоки, падающие на рабочую поверхность калориметра, определяются из формулы:

$$E * S * \alpha = mc(t_2 - t_1); \quad (2)$$

где S, α – площадь и поглощательная способность рабочей поверхности калориметра, E – средняя плотность падающего лучистого потока по рабочей площади калориметра, m, c – массовый расход и теплоемкость воды и t_2, t_1 – температура воды на входе и выходе из калориметра, или

$$E = \frac{mc(t_2 - t_1)}{S * \alpha}. \quad (3)$$

Погрешности измерения плотности потока калориметром по этой формуле (2) равны;

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta dt}{dt} - \frac{\Delta S}{S} - \frac{\Delta \alpha}{\alpha}. \quad (4)$$

В (1)-(3) не учитываются тепловые потери поверхности калориметра конвекцией и излучением. В общем случае (рис.1) баланс потоков в калориметре имеет вид:

$$E_{\Pi} \cdot S \cdot \alpha = Q_{\Pi 1} + Q_{\Pi 2} + mc(t_2 - t_1); \quad (5)$$

где $Q_{\Pi 1}, Q_{\Pi 2}$ – потери рабочей и боковых поверхностей калориметра конвекцией (q_k) и излучением (q_{iz}).

$$Q_{\Pi 1} = q_{K1} S_1 + q_{iz1} S_1 = S_1 (\alpha_{K1} (t_2 - t_1) + \varepsilon_1 \sigma (T_2^4 - T_1^4)) \quad (6)$$

$$Q_{\Pi 2} = q_{K2} S_2 + q_{iz2} S_2 = S_2 (\alpha_{K2} (t_2 - t_1) + \varepsilon_2 \sigma (T_2^4 - T_1^4)) \quad (7)$$

или в общем случае:

$$E = \frac{S_1 (\alpha_{K1} (t_2 - t_1) + \varepsilon_1 \sigma (T_2^4 - T_1^4)) + S_2 (\alpha_{K2} (t_2 - t_1) + \varepsilon_2 \sigma (T_2^4 - T_1^4)) + mc(t_2 - t_1)}{S * \alpha}. \quad (8)$$

Проблема анализа погрешностей измерения калориметром плотности лучистого потока в общем случае (7) так и в (1) заключается в том, что массовый расход m и разность температур $dt = (t_2 - t_1)$ связаны между собой и их нельзя задавать независимо (рис.1).

При этом из (7) или из (1) следует, что при заданной плотности падающего потока произведение $m * dt$ постоянно.

В связи с этим введем параметр E' , равный:

$$E' = \frac{mc(t_2 - t_1)}{S \cdot \alpha}; \quad (9)$$

и (7) можно записать в виде;

$$E - E' = \frac{S_1(\alpha_{к1}(t_2 - t_1) + \varepsilon_1 \sigma(T_2^4 - T_1^4)) + S_2(\alpha_{к2}(t_2 - t_1) + \varepsilon_2 \sigma(T_2^4 - T_1^4))}{S \cdot \alpha}. \quad (10)$$

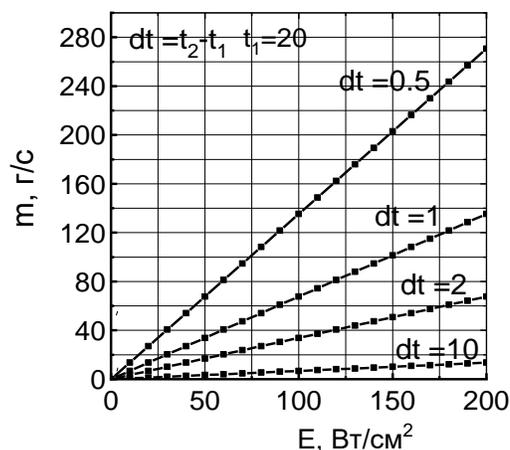


Рис.1. Массовые расходы воды в калориметре, в зависимости от плотности падающего потока при различных разностях температур на входе и выходе

Представление (7) в виде (9) сохраняет постоянство произведения $m \cdot dt$ и позволяет оценивать влияние тепловых потерь калориметра при изменении соотношения площади боковой поверхности калориметра, её радиационных характеристик, температуры воды на выходе и входе. Этот подход позволяет определить влияние тепловых потерь конвекцией и излучением боковых и рабочих поверхностей калориметра, что ранее не учитывалось.

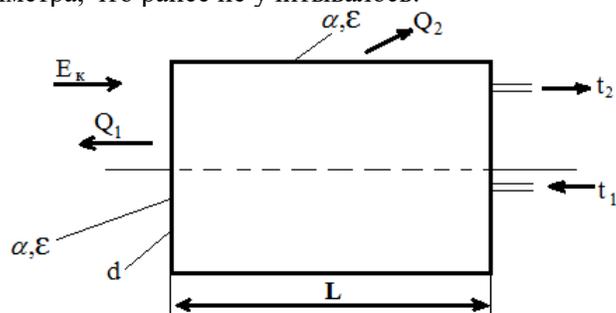


Рис.2. Определение тепловых потерь калориметра

Если разделить обе части (9) на E' , то мы в первом приближении определяем погрешности калориметра за счет тепловых потерь, или:

$$\frac{E-E'}{E'} = \frac{dE}{E'} = \frac{S_1(\alpha_{к1}(t_2-t_1)+\varepsilon_1\sigma(T_2^4-T_1^4))+S_2(\alpha_{к2}(t_2-t_1)+\varepsilon_2\sigma(T_2^4-T_1^4))}{E'S_{\Sigma\alpha}}. \quad (11)$$

На рис.3. приведены погрешности калориметра за счет тепловых потерь при малых и средних концентрациях C , а на рис.4. - погрешности при высоких концентрациях C от 500 до 10000, или от 50 Вт/см² до 1000 Вт/см².

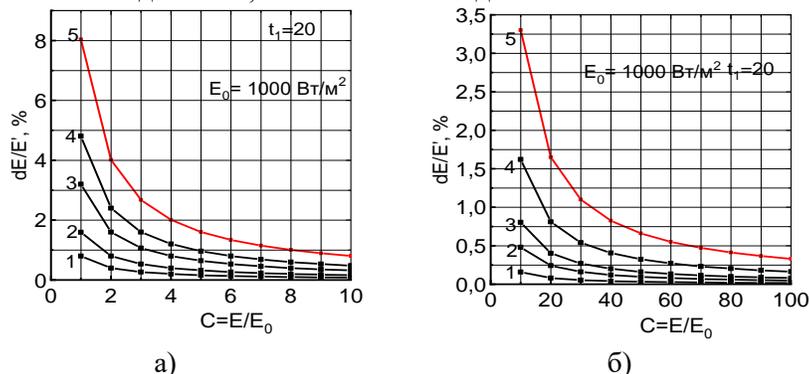


Рис.3. Погрешности калориметра за счет тепловых потерь с поверхностями конвекцией и излучением при малых (а) и средних (б) концентрациях при различных перепадах температур dt : а(1- 0.5, 2 - 1.0, 3 - 2.0, 4 - 3.0, 5 -5.0), б - (1 - 1.0, 2 - 3.0, 3 - 5.0, 4 - 10.0, 5 -20.0)

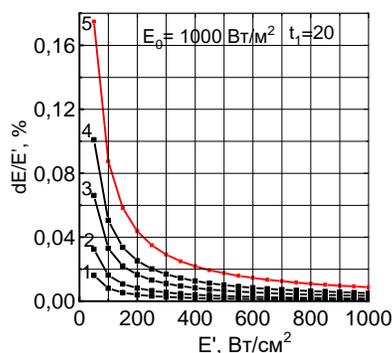


Рис.4. Погрешности калориметра за счет тепловых потерь с поверхностями конвекцией и излучением при больших плотностях потока и перепадах температур dt : 1- 5.0, 2 - 10.0, 3 - 20.0, 4 - 30.0, 5 -50.0

Результаты исследования показывают, что выбор основных параметров калориметра (расход, перепад температур) существенно зависит от величины плотности измеряемого потока. Так же можно отметить влияние и других факторов – параметров боковой поверхности (площадь, излучательная способность) влияние которых уменьшается с увеличением плотности измеряемого потока и уменьшением перепада температур dt .

Также можно отметить тот факт, ранее не рассмотренный в литературе, что при соответствующем выборе параметров калориметра, им можно измерять и малые плотности потоков, вплоть до плотности падающего солнечного излучения.

Литература

1. Lewandowski, A., Bingham, C., O. Gallagher, J., Winston, R., and Sagie, D., 1991, "One- and Two-Stage Flux Measurements at the SERI High Flux Solar Furnace," Proceedings of the 1991 ASME/JSM E/JSES International Solar Energy Conference, pp. 329-335.
2. Collins, M.R., and Harrison, S.J., "Test of Measured Solar Heat Gain Variation in a Fenestration and Shade Combination with Respect to Test Specimen Tilt", *ASHRAE Transactions*, Vol. 107(1), pp. 691-699, 2001.
3. M. Collins, W. duPont. The calibration and commissioning of solar calorimeters. / SESCOI 2003 CONFERENCE Queen's University Kingston, Ontario, Canada August 18 to 20, 2003. P. 1-11.
4. Bougard, J.; Pilatte, A.; and Lagneau, V. "Calibration of a Calorimetric Flowmeter" / Center for Research of Solar Energy, Mons, Belgium, n.p. 1980.
5. Huggins, James C., "A Calorimeter for Solar Collector Testing Facilities" (1982). Retrospective Theses and Dissertations. 636. Интернет ресурс: <https://stars.library.ucf.edu/rtd/636>
6. Товстоног В.А., Боровкова Т.В., Елисеев В.Н.. Анализ погрешностей измерения тепловых потоков при испытаниях конструкций нагреваемых излучением. // *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 7. –С. 1-9.
7. Апараси Р.Р. Концентрация солнечной энергии в гелиотехнических сооружениях. Автореф. канд. дисс., М., 1955. - 21 с.
8. Апараси Р.Р., Колос Я.Г., Тепляков Д.И. Калориметрические исследования высокотемпературных солнечных установок. / *Гелиотехника*, 1965. № 6. с. 25-31.
9. Клычев Ш.И., Бахрамов С.А., Харченко В.В., Нуриддинов Х., Кадыргулов Д.Э.. / Особенности конвективного теплообмена в каналах плоских солнечных водонагревательных коллекторов. // *Гелиотехника*, 2019, №4. –С. 353-361.
10. Шарафи А.Ш. К методике калориметрических измерений распределения плотности потока лучистой энергии на фокальном пятне концентратора солнечной энергии. // *Гелиотехника*, 1967, №4. –С.56-59.
11. Тепляков Д.И. Влияние продольной дефокусировки приемника на энергетические характеристики зеркальной гелиоустановки. // *Гелиотехника*, 1967, №1, -С.10-14.

*Представлено Институт материаловедения НПО
«Физика-Солнце» АН РУз, и Ташкентским
государственным техническим университетом*

УДК 665.775.4

ПОЛУЧЕНИЕ БИТУМ-ЗАМЕНЯЮЩЕЙ СМЕСИ ИЗ МЕСТНЫХ ОТХОДОВ НЕФТЯНОГО И МАСЛОЖИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВ**Д.М. Рахматова, М.Н. Мусаев**

Табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш ва саноат чиқиндиларидан иккиламчи маҳсулот сифатида фойдаланиш орқали атроф-муҳитга техноген таъсирни яхшилаш бўйича технологик ишланмалар дунёда жорий этилган ва жорий қилинган, улар асосида хавфсиз маҳсулотларни олиш мумкин. Шу билан бирга, чиқиндиларни қайта ишлаш ва қурилиш маҳсулотларининг янги турларини олишининг технологик жараёнларини ишлаб чиқиш, улардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш, нефт ва газ саноатида чиқинди нефтни қайта ишлаш технологик жараёнларини ишлаб чиқиш, юқори углеводли кимёвий битум ўрнини босувчи аралашмалар олиш. физик ва кимёвий хоссалари алоҳида аҳамиятга эгадир.

Калит сўзлар. Битум, нефт шлами, госсипол қатрони (мой ва ёғ заводи), саноат олтингурут, оҳак.

В мире разработаны и внедрены технологические разработки для снижения антропогенного воздействия на окружающую среду за счет рационального использования природных ресурсов и использования промышленных отходов в качестве вторичного сырья, на основе которого можно получать безопасные продукты. При этом особое значение имеет развитие технологических процессов переработки отходов и получения новых видов строительной продукции, повышающее эффективность их использования, а также разработка технологических процессов переработки отработанного масла в нефтегазовой отрасли для получения строительных битум-заменяющих смесей с высокими физико-химическими свойствами.

Ключевые слова. Битум, нефтяной шлам, госсиполовая смола (масложирового комбината), техническая сера, негашеная известь.

Technological developments have been introduced and implemented in the world to improve the anthropogenic impact on the environment through the natural use of natural resources and the use of industrial waste as secondary products, on the basis of which safe products can be obtained. At the same time, the development of technological processes for processing waste and obtaining new types of construction products, increasing the efficiency of their use, developing technological processes for processing waste oil in the oil and gas industry to obtain chemical bitumen-replacing mixtures with high physical and chemical properties is of particular importance.

Keywords. Bitumen, oil sludge, gossypol resin (oil and fat plant), industrial sulfur, quicklime.

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

В мировом масштабе для получения строительных битум-заменяющих смесей, обладающих высокими показателями, ведутся научные исследования по определению физико-химических свойств нефтешламов, гудрона (госсиполовой смолы), негашеной извести и технической серы, определению физико-химических и эксплуатационных свойств компонентов производства высокоэффективных строительных битум-заменяющих смесей на основе отходов и остатков промышленности, разработке технологии использования осадка битум-заменяющих смесей.

На сегодняшний день в Узбекистане достигнуты определенные теоретические и практические результаты по разработке и применению технологии получения безопасных строительных битум-заменяющих смесей с хорошими физико-химическими свойствами на основе местных нефтяного шлама, гудрона (госсиполовая смола), негашеной извести и технической серы. В третьем пункте направлений Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан намечена «дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов». В связи с этим актуальным является проведение научных исследований по разработке современных технологий производства строительных битум-заменяющих смесей нефтеперерабатывающей промышленности.

Разработана рецептура безопасных продуктов и в малых количествах получены 4 опытные партии битумов-заменяющих вяжущих смесей из местных отходов нефтяного и масложирового производств. Рассмотрены происхождение и характеристика используемых местных отходов и дополнительных компонентов. Разработана схема получения битум-заменяющей смеси для использования изоляционного и кровельного покрытий. Проведены эксперименты утилизации местных отходов при физико-химическом процессе и процессе окисления сырья. Приготовлены опытные партии битум-заменяющей смеси для использования изоляционного и кровельного покрытий.

В нашей работе была предложена рецептура получения безопасных продуктов из местных отходов нефтяного и масложирового производств.

Рецептура битум-заменяющей смеси состоит из следующих компонентов: нефтяной шлам, гудрон (госсиполовая смола), негашёная известь и техническая сера.

Коротко рассмотрим происхождение и характеристики используемых местных отходов и компонентов.

1 - Нефтяной шлам (НШ) является самым значительным по массе отходом нефтяной отрасли. До настоящего времени комплексного решения вопроса утилизации экологически агрессивных нефтесодержащих отходов, образующихся на всех этапах производственных процессов переработки нефти, не существует [1, 2].

2 - Объектом сырья является непищевая масложировая продукция – смола госсиполовая, производимая и реализуемая на территории Республики Узбекистан.

3 - Негашеная известь - представляет собой смесь кусков различной величины, образующаяся после грубого помола продукта обжига. По химическому составу она представляет собой смесь оксидов кальция и магния с преимущественным содержанием СаО.

4 - Полученную техническую серу (S) на Мубарекском газоперерабатывающем заводе можно использовать для получения строительного битума.

Проведенный анализ источников [3, 4] показал актуальность проблемы исследования влияния серы на структурообразование и реологические свойства битума.

В работе [5], впервые были получены высокоэффективные битумные композиции на основе госсипола, лигнина, уротропина и гудрона при низких температурах (70 °С), и в течение 60 мин. Оптимальный состав данной композиции (масс.%): госсипол – 35,5–38,5; уротропин – 0,33–0,40; смесь лигнина – 26,5–30,0. Установлено, что введение вышеуказанных компонентов в состав битума способствует увеличению температуры смягчения до 65 °С, глубина погружения иглы уменьшается до 25–30 мм⁻¹ [5].

Так же разработана схема получения битум-заменяющей смеси для использования изоляционного и кровельного покрытий (рис. 1).

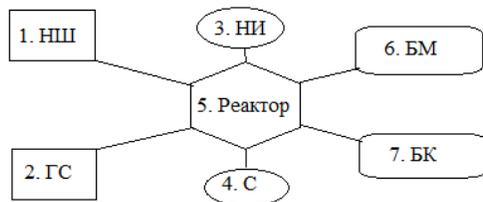


Рис. 1. Схема получения битум-заменяющей смеси для использования изоляционного и кровельного покрытия:

1. НШ - нефтяной шлам; 2. ГС – госсиполовая смола; 3. НИ – негашёная известь; 4. С – сера; 5. Реактор с мешалкой; 6. БМ – битумная мастика; 7. БК – битум кровельный

В схеме 1-НШ (нефтяной шлам) и 2-ГС (госсиполовая смола) в определенном количестве заливают в реактор, затем в малых количествах добавляют 3-НИ (негашёная известь) и в количестве 5% добавляют 4-С (техническую серу) далее все компоненты перемешиваются и нагреваются до определенной температуры; через определенное время получают безопасные продукты, такие как антикоррозионная битумная мастика и битум для кровельного покрытия которые можно получить в лабораторных условиях.

Метод исследования. В лаборатории проведены эксперименты утилизации местных отходов физико-химическом процессе и процессе окисления сырья.

Были приготовленные опытные партии битумо-заменяющей смеси по следующей рецептуре (приведена в табл. 1):

Полученные образцы, образец №1, образец №2, образец №3 и образец №4 направлены на физико-механические испытания в соответствии с ГОСТ 6617-76.

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

Таблица 1

Наименование используемого сырья и остатков	Опытная партия №1	Опытная партия №2	Опытная партия №3	Опытная партия №4
Госсиполовая смола, %	45-50	45-50	45-50	45-50
Нефтяной шлам, %	45-50	45-50	45-50	45-50
Негашеная известь, %	1	2	3	4
Техническая сера (S) молотая, %	5	5	5	5

Полученные образцы по рецептуре опытной партии №1 и №2 позволяют получать качественную битумную смесь и рекомендовать дальнейшее внедрение для фундаментного и трубопроводного антикоррозионных покрытий. Опытная партия №3 позволяет получать качественную битумную смесь и рекомендовать ее дальнейшее внедрение для кровельного покрытия.

Вывод. 1. Изучена рецептура получения безопасных продуктов из местных отходов нефтяного и масложирового производств.

2. Разработана рецептура безопасных продуктов и в малых количествах получены 4 опытные партии битумо-заменяющие вяжущие смеси из местных отходов нефтяного и масложирового производств.

3. Рассмотрено происхождение и характеристика используемых местных отходов и дополнительных компонентов.

4. Разработана схема получения битум-заменяющей смеси для использования изоляционного и кровельного покрытий.

5. Получены образцы по рецептуре опытной партии №1 и №2 позволяющая получать качественную битумную смесь и рекомендовать дальнейшее внедрение для фундаментного и трубопроводного гидроизоляционного покрытия.

6. Полученная опытная партия №3 позволяет получать качественную битумную смесь и рекомендовать дальнейшее внедрение для кровельного покрытия.

Литература

1. Мусаев М.Н., Рахматова Д.М. Проблема обеспечения безопасности обезвреживания и утилизации аварийно-опасных ядовитых химических отходов. /Сб. Материалов III Международной заочной конференции «Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций», 2019., Минск, - С.168-170.

2. Мусаев М.Н., Рахматова Д.М. Особенности переработки не востребуемых в сельском хозяйстве ядохимикатов с целью уменьшения отрицательного влияния их в окружающую среду. / Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XIV международной научно-практической конференции курсантов (студентов), слушателей и адъюнктов (аспирантов, соискателей) ученых.: в 2-х томах. Т. 2. – Минск: УГЗ, 2020., - С.48-50.

3. Тураев Ф.Т., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Исследование модификации дорожного битума элементной серой // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2019. № 2(59).
4. Умурова Ш.Ш., Жамолова Н.Ж., Амонов М.Р., Равшанов К.А., Ниёзов А.К. Битумные композиции на основе госсипола // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн* 2020. № 4(73).
5. Khamidov Basit, Rakhimov Bekzod, MusayevMarufjan, Rakhmatova Dilnoza. Comparative Tests of Experimental Batches of a New Composition of Road Bitumen. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 8, Issue 9, September 2021.
6. Burak Sengoza, Ali Topala, Cagri Gorkemb. Evaluation of natural zeolite as warm mix asphalt additive and its comparison with other warm mix additives // *Construction and Building Materials*, June 2013, Vol. 43, pp. 242–252.
7. Фетисов, Д.Д. Утилизация нефтешламов и древесных опилок путём использования в производстве топливных брикетов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08. - Пенза, 2013. - 22 с.
8. Косулина Т.П., Кононенко Е.А. Повышение экологической безопасности продукта утилизации нефтяных шламов // *Научный журнал КубГАУ.* - 2012. -№78.
9. Ланина, Т.Д. Комплексная утилизация нефтегазопромышленных отходов для обеспечения экологической безопасности и дополнительного извлечения минерального сырья: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 25.00.16. - Ухта, 2009.-48 с.
10. Мусаев М.Н., Рахматова Д.М. Анализ безопасной утилизации ядовитых и химических отходов. //: *Проблемы энерго - и ресурсосбережения, ISSN 2091-5985, № 3-4, Ташкент-2020., - С.302-304.*
11. Юльтимирова, И.А. Проблемы утилизации нефтешламов // *Налоги. Инвестиции. Капитал.* -2004. -№1.
12. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б., Сафаров А.Х., Ильина Е.Г., Ягафаров И.Р. Биоремедиация нефтезагрязненной почвы / *Материалы секции Д III Конгресса Нефтепромышленников России «Нефтепереработка и нефтехимия: проблемы и перспективы»* - Уфа, 2001. - С. 207-208.
13. Чалов К.В. Каталитический пиролиз нефтешламов: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 05.17.04. -М., 2013. - 18 с.
14. Khamidov Basit, Rakhimov Bekzod, MusayevMarufjan, Rakhmatova Dilnoza. Obtaining a new composition of road bitumen from local waste of oil-gas and oil-fat production. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 8, Issue 9, September 2021.
15. Amir Modarres, Morteza Rahmzadeh. Application of coal waste powder as filler in hot mix asphalt // *Construction and Building Materials*, Sep. 2014, Vol. 66, pp. 476–483.

*Представлено Ташкентским государственным
техническим университетом*

УДК 550.83.001.5:551.76 (575.16)

**ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ
МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧАРДЖОУСКОЙ
СТУПЕНИ**

Б.И. Хожиев, Е.Е. Мершина, Д.Р. Абдуллаев

Ушбу мақолада Бухоро-Хива нефтгазли ҳудуди Чордҷўй тектоник погонаси зарбий қисмининг D₁ ва D₂ тоифалари бўйича прогноз ресурсларини баҳолаш натижалари келтирилган. Бухоро тектоник погонаси зарбий қисмининг прогноз ресурслари алоҳида тектоник элементлар – Биргутли эгиклиги, Кульбешкак-Питняк вали, Учкыр-Кимерек вали, Каракуль эгиклиги, Қандим кўтарилмаси кесимларида баҳоланган. Прогноз ресурсларнинг концентрация даражаси ҳисоб-китоблар асосида 2 тоифага бўлинган ва ўрганилаётган ҳудуднинг нефтгазга салоҳияти харитаси тузилган. Тадқиқотларга мувофиқ муаллифлар Биргутли ва Каракуль эгикликларини нефт ва газ геология қидирув ишларини олиб бориш учун биринчи даражали ҳудудлар сифатида белгиладилар.

Калит сўзлар: нефть, газ, кон, юра, бўр, уюм, горизонт, структура, эгиклик, кўтарилма, майдон, ресурс.

В данной статье изложены результаты оценки прогнозных ресурсов категорий D₁ и D₂ западной части Чарджоуской тектонической ступени Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона. Авторами оценены прогнозные ресурсы в разрезе отдельных тектонических элементов западной части Чарджоуской тектонической ступени – Биргутлинский прогиб, Кульбешкак-Питнякский вал, Учкыр-Кимерекский вал, Каракульский прогиб, Кандымское поднятие. На основе проведенных расчетов составлена карта перспектив нефтегазоносности исследуемой территории по степени концентрации прогнозных ресурсов, разделенные на 2 категории. В соответствии с исследованиями, авторами выделены Биргутлинский и Каракульский прогибы в качестве первоочередных объектов (наиболее перспективных) для постановки дальнейших геологоразведочных работ на нефть и газ.

Ключевые слова: нефть, газ, месторождение, юра, мел, залежь, горизонт, структура, прогиб, поднятие, площадь, ресурсы.

This article presents the results of an assessment of the predicted resources of categories D₁ and D₂ in the western part of the Chardjou tectonic stage of the Bukhara-Khiva oil and gas region. The authors estimated the predicted resources in the context of individual tectonic elements of the western part of the Chardjou tectonic stage - the Birgutly trough, the Kulbeshkak-Pitnyak swell, the Uchkyr-Kimerek swell, the Karakul trough, the Kandym uplift. Based on the calculations, a map of the oil and gas potential of the study area was compiled according to the degree of concentration of predicted

resources, divided into 2 categories. In accordance with these studies, the authors identified the Birgutli and Karakul troughs as priority objects (the most promising) for further exploration for oil and gas.

Key words: *oil, gas, field, Jurassic, chalk, reservoir, horizon, structure, deflection, uplift, area, resources.*

Введение. Перспективы наращивания минерально-сырьевой базы нефтегазодобывающей промышленности основываются не только на оценке запасов выявленных и разрабатываемых месторождений, но и на учете прогнозных ресурсов категорий D_1 и D_2 .

В мировой практике существует много методов количественной оценки прогнозных ресурсов углеводородов категорий D_1 и D_2 , отличающихся по сложности и обоснованности геологических показателей. Например, такие, как метод сравнительных геологических аналогий; метод оценки ресурсов по удельной плотности на единицу объема; объемно-генетический метод; историко-статистический метод и др. Уровень достоверности оцениваемых ресурсов углеводородного (УВ) - сырья во многом зависит от изученности оцениваемого региона, количества выявленных месторождений, информации об особенностях развития и строения геологического разреза.

Основная часть. Основной задачей при выполнении подсчета прогнозных ресурсов в нефтегазоносном регионе является выделение районов и участков с одинаковым типом геологического и тектонического строения осадочного разреза, в том числе продуктивных толщ (схожими генетическими типами ловушек, параметрами коллекторов, качеством покрышек), установленных по данным геофизических исследований, результатам поискового, разведочного, а также параметрического бурения.

Суть метода состоит в следующем: по разведанным месторождениям и опоискованным площадям (эталонная площадь) определяется общая площадь структур и суммарная величина запасов газа, нефти и конденсата по продуктивным комплексам пород. При этом по площади изучаемого района учитываются уровень буровой и геофизической изученности, освоенность начальных суммарных ресурсов и степень вероятности открытия месторождений с крупными залежами УВ. С учетом числящихся начальных запасов УВ месторождений и общей площади вместе с опоискованными непродуктивными структурами определяется плотность эталонного участка. Для использования полученных величин плотности на расчетных территориях применяется поправочный коэффициент аналогии. При определении коэффициента аналогии используются данные оцениваемой территории (поднятие, прогиб, вал), тип ловушки, экранирующее качество покрышек, генезис отложений и коллекторские свойства пород в ловушках нефти и газа. Формула подсчета прогнозных ресурсов выглядит следующим образом [2,6]:

$$q_3 = Q_3 / S_3, Q_p = q_3 \cdot S_p \cdot k_{ан},$$

где Q_3, Q_p – ресурсы эталонного и расчетного участков;

q_3 – плотность ресурсов на единицу площади пород эталонного участка;

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

$S_э, S_p$ – площади пород эталонного и расчетного участков;

$K_{ан}$ – коэффициент аналогии.

Западная часть Чарджоуской тектонической ступени охватывает Биргутлинский прогиб, Кульбешкак-Питнякский вал, Учкыр-Кимерекский вал, Каракульский прогиб и Кандымское поднятие [1,3,4]. Авторами оценены прогнозные ресурсы в разрезе этих тектонических элементов (рис.1).

Площадь Биргутлинского прогиба составляет 1173,56 км². На территории данного района открыто 1 месторождение Тумарис, 2 площади выведены из бурения: Изокудук и Каравой. На месторождении Тумарис основные объекты, содержащие газ и конденсат, приурочены, главным образом, к XVa, XV-3, XV-2, XV-1 горизонтам карбонатной формации юры.

Объектом подсчета прогнозных ресурсов УВ-сырья на территории Биргутлинского прогиба являются отложения нижнего мела и отложения юрской карбонатной толщи. Площадь эталонного участка по юрским отложениям составила 55,39 км², площадь расчетного участка – 1118,17 км². Начальные запасы газа по юрским карбонатным отложениям Биргутлинского прогиба составили 10099 млн м³.

Плотность запасов газа эталонного участка по юрским отложениям равна 182,3 млн м³/км², для расчетного участка – 72,93 млн м³/км². В связи с тем, что на данном участке отсутствуют месторождения с промышленными запасами газа в меловых отложениях, в качестве аналога при подсчете прогнозных ресурсов были приняты данные по Кандымскому поднятию. Площадь расчетного участка по нижнемеловым отложениям составила 1173,56 км², плотность запасов газа эталонного участка по меловым отложениям – 28,7 млн м³/км², для расчетного участка – 2,87 млн м³/км².

После изучения имеющегося геолого-геофизического материала коэффициент аналогии принят равным для нижнемеловых отложений 0,1 и для юрских карбонатных отложений – 0,4. Прогнозные ресурсы УВ по нижнемеловым отложениям Биргутлинского прогиба составили (геологические /извлекаемые) 3993/3377 тыс.т.у.т, в том числе свободного газа (сырого/сухого) – 3367/2862 млн м³, конденсата (геол./извлеч.) – 61/40 тыс.т.

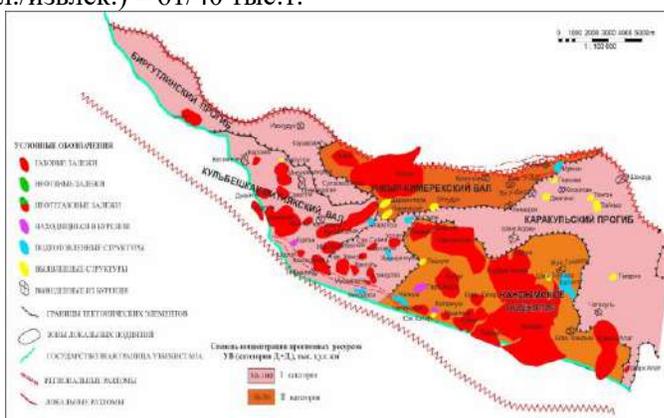


Рис.1. Карта перспектив нефтегазоносности западной части Чарджоуской ступени по степени концентрации прогнозных ресурсов

Составил: Б.И. Хожиев, 2022 г. (по данным материалов ГУ «ИГИРНИГМ»).

По юрской карбонатной толще прогнозные ресурсы составили (геологические/извлекаемые) 96039/81345 тыс.т.у.т. Из них ресурсы свободного газа (сырого/сухого) – 81548/69316 млн м³, конденсата (геол./извлеч.) – 1009/656 тыс.т.

Всего прогнозные ресурсы УВ-сырья по категории Д1+Д2 Биргутлинского прогиба (табл.1) подсчитаны в количестве (геологические /извлекаемые) 100032/84722 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа – 84915/72178 млн м³, конденсата – 1070/696 тыс.т. Плотность распределения прогнозных ресурсов Биргутлинского прогиба составила 89 тыс.т.у.т/км² (табл.1), что относится к 1-й категории степени концентрации (высокоперспективной).

Таблица 1
Плотность распределения прогнозных ресурсов западной части Чарджоуской тектонической ступени

Наименование тектонических элементов	Расчетная площадь, км ²	Прогнозные ресурсы, млн т.у.т.	Плотность, тыс.т.у.т. км ²
Биргутлинский прогиб	1118,17	100	89
Кульбешкак-Питнякский вал	1159,22	67	58
Учкыр-Кимерекский вал	768,27	26	34
Каракульский прогиб	3052,34	288	94
Кандымское поднятие	2390,93	75	31,4

На участке Кульбешкак-Питнякского вала в последние годы проводятся активные поисковые и разведочные работы (сейсморазведка, глубокое бурение). Этими работами перспективы нефтегазоносности участка оцениваются очень высоко.

Площадь Кульбешкак-Питнякского вала составляет 1159,22 км², на его территории открыто 9 месторождений: Миркомилкудук, Джейхун, Каромат, Саватли, Даяхатын, Ходжиказган-Учбурган, Жанубий Кульбешкак, Кульбешкак, Шортак; в числе подготовленных числятся 2 структуры – Темирказган и Каратош; 3 площади находятся в бурении – Каттатапа, Курган и Тоштепа.

Выявленные скопления углеводородов в районе приурочены к XVIII, XVII, XVa горизонтам средней юры, XV-1, XV-2, XV-3 горизонтам верхней юры. Из них наилучшими коллекторскими свойствами характеризуются отложения XV-2 горизонта, который залегает в средней части карбонатной толщи. Горизонт обладает следующими коллекторскими свойствами: пористость – 18,2% (Даяхатын), проницаемость – 43,5 Мдарси (Кульбешкак).

Объектом подсчета прогнозных ресурсов УВ-сырья на территории Кульбешкак-Питнякского вала являются отложения нижнего мела, юрской карбонатной и терригенной толщи.

Эталонная площадь оцениваемого участка для юрских отложений составила: среднеюрских – 153,48 км², верхнеюрских – 552,59 км², при расчете площадей были

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

приняты данные по 9 месторождениям (Миркомилкудук, Джейхун, Каромат, Саватли, Даяхатын, Ходжиказган-Учбурган, Жанубий Кульбешкак, Кульбешкак, Шортак), по которым числятся запасы в юрских отложениях [7,8].

Площадь расчетного участка по меловым отложениям составила 1159,22 км². При расчете этой площади учитывались данные одного месторождения Кувачи-Алат. По юрским отложениям площадь расчетного участка составила: для среднеюрских 1005,7 км², для верхнеюрских – 606,63 км².

Начальные запасы газа по юрским отложениям Кульбешкак-Питнякского вала составили 119038 млн м³, в том числе по среднеюрским – 8691,0 млн м³, по верхнеюрским – 110347 млн м³. Начальные запасы конденсата (геол./извлеч.) по юрским отложениям Кульбешкак-Питнякского вала составили 3927,0/3103,0 тыс.т, в том числе по среднеюрским – 553,0/443,0 тыс.т, по верхнеюрским – 3374,0/2660,0 тыс.т.

После изучения имеющегося геолого-геофизического материала коэффициент аналогии принят равным для меловых 0,1 (Кувачи-Алат), для среднеюрских – 0,2 и верхнеюрских отложений – 0,3 (Миркомилкудук, Джейхун, Каромат, Саватли, Даяхатын, Ходжиказган-Учбурган, Жанубий Кульбешкак, Кульбешкак, Шортак).

Плотность запасов газа эталонного участка для меловых отложений равна 28,7 млн м³/км². Плотность запасов газа эталонного участка для среднеюрских отложений равна 56,6 млн м³/км², для верхнеюрских – 199,7 млн м³/км². Плотность запасов газа расчетного участка для меловых отложений равна 2,87 млн м³/км². Плотность запасов газа расчетного участка для среднеюрских отложений равна 16,99 млн м³/км² и для верхнеюрских – 39,94 млн м³/км². Конденсатный фактор для меловых отложений равен 18,1 г/м³, для среднеюрских – 73,7 г/м³ и для верхнеюрских – 30,6 г/м³.

Прогнозные ресурсы УВ по нижнемеловым отложениям Кульбешкак-Питнякского вала составили (геологические/извлекаемые) 3944/3335 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа (сырого/сухого) 3326/2827 млн м³, конденсата (геол./извлеч.) – 60/39 тыс.т. По юрским отложениям прогнозные ресурсы составили (геологические/извлекаемые) 62732/52600 тыс.т.у.т. Из них ресурсы свободного газа (сырого/сухого) 50952/43309 млн м³, конденсата (геол./извлеч.) – 2538/1650 тыс.т.

Всего прогнозные ресурсы УВ по категории Д₁+Д₂ Кульбешкак-Питнякского вала подсчитаны в количестве (геологические/извлекаемые) 66676/55935 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа 54278/46136 млн м³, конденсата – 2598/1689 тыс.т (табл.2). Плотность распределения прогнозных ресурсов Кульбешкак-Питнякского вала составила 58,0 тыс.т.у.т/км² (табл. 1), что относится к 1-й категории степени концентрации (высокоперспективной).

В пределах Учкыр-Кимерекского вала открыто 2 месторождения – Учкыр и Гарби, 1 площадь выведена из бурения – Тошлик, в числе подготовленных числится 1 структура – Ирмон; 1 площадь находится в бурении – Кимерек; 5 структур числятся в фонде выявленных: Дормонтпепа, Откудук, Кумилган, Янги Учбаш и Карангсой [9,11].

На месторождении Учкыр установлены промышленные скопления газа в нижнемеловых отложениях. По мнению группы специалистов (Н.А. Крылов, В.И. Соколов, Д. Сиражиддинов, А.Х. Нугманов и др.) эти залежи образовались в результате вертикальной миграции газа из нижележащих горизонтов в зонах отсутствия соляно-ангидритовой «покрышки» верхнеюрского возраста. Промышленная газоносность на месторождении Учкыр была установлена в юрских карбонатных и меловых отложениях, представленных XVI, XV, XIV и XII горизонтами.

Объектом подсчета прогнозных ресурсов УВ-сырья на территории Учкыр-Кимерекского вала являются отложения нижнего мела, юрские карбонатные и терригенные отложения. Площадь эталонного участка по меловым отложениям составила 392,11 км². При расчете площади были приняты данные по месторождениям Учкыр и Гарби, по которым числятся запасы в меловых отложениях. По юрским отложениям площадь эталонного участка составила 285,1 км². При расчете площади были приняты данные по месторождению Учкыр, по которому числятся запасы в юрских отложениях.

Начальные запасы газа по меловым отложениям Учкыр-Кимерекского вала составили 41578 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 779/648 тыс.т, по юрским отложениям – 19751 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 656/524 тыс.т. После изучения имеющегося геолого-геофизического материала коэффициент аналогии для нижнемеловых отложений принят равным 0,2 и для юрских отложений – 0,15.

Конденсатный фактор для меловых отложений равен 18,7 г/м³, для юрских – 33,21 г/м³. Плотность запасов газа расчетного участка для меловых отложений равна 21,21 млн м³/км², для юрских – 10,39 млн м³/км².

Прогнозные ресурсы УВ по нижнемеловым отложениям Учкыр-Кимерекского вала составили (геологические/извлекаемые) 16644/14072 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа (сырого/сухого) 14024/11920 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 263/171 тыс.т.

По юрским отложениям прогнозные ресурсы составили (геологические/извлекаемые) 9640/8118 тыс.т.у.т. Из них ресурсы свободного газа (сырого/сухого) – 7984/6786 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 265/172 тыс.т.

Всего прогнозные ресурсы УВ по категории Д₁+Д₂ Учкыр-Кимерекского вала подсчитаны в количестве (геологические/извлекаемые) – 26284/22190 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа 22007/18706 млн м³, конденсата – 528/343 тыс.т (табл.2). Плотность распределения прогнозных ресурсов Учкыр-Кимерекского вала составила 34 тыс.т.у.т/км² (табл.1), что относится ко 2-й категории степени концентрации (высокоперспективной).

Высокая перспективность терригенной формации в Каракульском прогибе доказана открытием ряда месторождений – Гарбий Хаккуль, Северная Сюзьма, Чаккакум, Хаккуль, Атамурод-Муродтепа. Результаты бурения и испытания показывают, что в данном районе перспективность юрской терригенной формации связана с многопластовыми (XVII, XVIII, XIX, XX) горизонтами.

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

Поисково-разведочные работы на нефть и газ на территории площади Хаккуль производились с 1989 по 1996 г. За это время пробурено пять разведочных скважин, в которых установлена продуктивность в терригенных (песчаники и алевролиты) и карбонатных (известняки) юрских отложениях. В результате испытания скважин №2, 5 Хаккуль была доказана перспективность песчаников юрской терригенной формации. В поисковой скважине №2 в юрских отложениях было испытано 10 объектов, 5 интервалов в карбонатных отложениях. В результате аэризации из четырёх объектов терригенной формации юры получены притоки бессернистого газа с максимальным дебитом 314 тыс.м³/сут [10,12].

Общая площадь Каракульского прогиба составляет 3052,34 км². На территории открыто 6 месторождений: Гарбий Хаккуль, Уртакум, Северная Сюзьма, Чаккакум, Хаккуль и Атамурод-Муродтепа. В числе подготовленных числится 3 структуры: Киндерли, Кимерекум и Эл-Омон; 7 площадей выявленных: Горская, Джигачи, Кисилган, Танган, Тайхыр, Тогарчи и Шохруд; 3 структуры выведены из бурения: Шимолий Ходжи, Шаркий Учбаш и Чагакуль.

Объектом подсчета прогнозных ресурсов УВ-сырья на территории Каракульского прогиба являются отложения нижнего мела и юры.

Площадь эталонного участка по юрским отложениям составила: среднеюрских – 111,76 км² и верхнеюрских – 121,14 км². При расчете площадей приняты данные по месторождениям Гарбий Хаккуль, Уртакум, Северная Сюзьма, Чаккакум, Хаккуль и Атамурод-Муродтепа. По юрским отложениям площадь расчетного участка составила: среднеюрских – 2940,58 км² и верхнеюрских – 2931,2 км².

Всего начальные запасы газа по юрским отложениям Каракульского прогиба составили 27297 млн м³, в том числе по среднеюрским – 12603 млн м³ и по верхнеюрским – 14694 млн м³. По юрским отложениям составили 715/655 тыс.т, в том числе по среднеюрским – 435/400 тыс.т и по верхнеюрским – 280/255 тыс.т.

После изучения имеющегося геолого-геофизического материала коэффициент аналогии принят равным для нижнемеловых отложений 0,1; для среднеюрских отложений – 0,3 и для верхнеюрских – 0,3. Конденсатный фактор для нижнемеловых отложений равен 18,1 г/м³.

Конденсатный фактор для среднеюрских – 34,68 г/м³ и для верхнеюрских – 19,06 г/м³. Плотность запасов газа эталонного участка для среднеюрских отложений равна 74,8 млн м³/км² и для верхнеюрских – 121,3 млн м³/км². Плотность запасов газа расчетного участка для среднеюрских отложений равна 18,71 млн м³/км² и для верхнеюрских – 36,39 млн м³/км².

В связи с тем, что на данном участке отсутствуют месторождения с промышленными запасами газа в меловых отложениях, в качестве аналога при подсчете прогнозных ресурсов были приняты данные по Кандымскому поднятию. Площадь расчетного участка по нижнемеловым отложениям составила 3052 км². Плотность запасов газа эталонного участка по нижнемеловым отложениям равна 28,7 млн м³/км², для расчетного участка – 2,87 млн м³/км².

Таблица 2
Прогнозные ресурсы углеводородов западной части Чарджоуской тектонической ступени

Показатель	Единица измерения	Всего	Бовдландский прогиб			Кальбаган-Падикский вал			Узлы-Китловский гал			Каракульский прогиб			Кавказское поднятие						
			всего	Ж	К	всего	Ж	К	всего	Ж	К	всего	Ж	К	Всего	Ж	К				
СТАЛОЙНЫЙ УЧАСТОК																					
Площадь	км ²		55,19			159,48		352,99			285,1	392,11		111,76	121,14			87,1	1508,91	158,3	
Невалыные запасы УВ (АВС1 + С2) в том числе нефть	млн т																				
Газ свободный	млн м ³		10059		119038	8691	110347			61179	18751	43178	17287	12602	14664			180038	758	183603	4582
Конденсат	млн т		125		3927	533	3374			1423	656	799	715	423	280			4767	56	4629	82
Конденсат	млн т		108		3103	443	2660			1172	524	648	655	400	255			3945	46	3845	54
Средняя плотность газом	кг/м ³																				
Средняя плотность нефти	кг/м ³		187,1	28,7		56,6	199,7	28,7		69,3	106,0		74,8	121,1	28,7			7,2	123,0	28,7	
Средняя плотность газа	кг/м ³																				
Конденсатный фактор	г/т		12,38	18,1		75,70	30,58	18,1		33,21	18,7		34,68	19,06	18,1			75,68	24,94	18,1	
Коэффициент аналогии нефти																					
Коэффициент аналогии газа			0,40	0,10		0,30	0,20	0,10		0,15	0,20		0,30	0,30	0,20			0,30	0,30	0,30	
РАСЧЕТНАЯ ТЕРРИТОРИЯ																					
Площадь	км ²		1118,17	1175,56		1005,7	696,69	1159,22		768,27	661,26		2940,58	2891,2	2052,34			2390,93	934,62	2282,23	
Средняя плотность ресурсов нефти	млн т/км ²																				
Средняя плотность газом	млн м ³ /км ²																				
Нефтегаза			77,91	2,87		16,59	39,04	2,87		10,39	21,21		18,71	56,39	2,87			1,08	36,91	4,30	
Газогаза			0,25	0,25		0,25	0,25	0,25		0,25	0,25		0,25	0,25	0,25			0,25	0,25	0,25	
Конденсатный фактор	г/т		0,82	0,82		0,82	0,82	0,82		0,82	0,82		0,82	0,82	0,82			0,82	0,82	0,82	
Конденсатный фактор	г/т		72,4	18,1		72,7	30,6	18,1		33,2	18,7		34,7	19,1	18,1			74,1	24,9	18,1	
Прогнозные ресурсы углеводородов по категориям Д₁-Д₂																					
Всего прогнозные ресурсы по категориям Д ₁ -Д ₂	млн т/км ²		5565,08	1000,02	960,39	3993	666,76	3336,8	79164	3944	26284	5640	16644	288529	151478	126666	10385	74987	10428	41213	25326
Газ свободный	млн м ³		469428	84727	81345	3377	55916	28022	24578	3315	22189	8118	14072	243364	127472	107040	8782	63717	8693	14802	19725
Конденсат	млн т		484289	81913	81248	2362	25278	26724	20248	3226	22607	7988	13024	240880	122261	106664	8238	62401	8239	24422	19871
Конденсат	млн т		39466	72178	69216	2962	46176	22715	20284	2877	18706	6786	11920	204384	106475	80662	7444	50242	5923	29319	16290
Конденсат	млн т		12226	1070	1009	61	2593	1797	741	60	523	265	263	6206	4315	2023	153	1324	609	880	355
Конденсат	млн т		8143	696	656	40	1685	1168	482	34	343	171	171	4279	2805	1321	100	1186	396	538	231

Прогнозные ресурсы УВ по нижнемеловым отложениям Каракульского прогиба составили (геологические/извлекаемые) 10385/8782 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа (сырого/сухого) 8758/7444 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 158/103 тыс.т. По юрским отложениям прогнозные ресурсы составили (геологические/извлекаемые) 278144/234582 тыс.т.у.т. Из них ресурсы свободного газа (сырого/сухого) – 231928/197140 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 6348/4126 тыс.т.

Всего прогнозные ресурсы УВ по категории Д₁+Д₂ Каракульского прогиба подсчитаны в количестве (геологические/извлекаемые) 288529/243364 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа – 240686/204584 млн м³, конденсата 6509/4229 тыс.т (табл.2). Плотность распределения прогнозных ресурсов Каракульского прогиба составила 94 тыс.т.у.т/км² (табл.1), что относится к 1-й категории степени концентрации (высокоперспективной).

На территории Кандымского поднятия открыто 10 месторождений: Андакли, Парсанкуль-Аккум, Шаркимий Хатар, Тайлак, Чегаракум, Кушимча, Кумли, Кандым, Шоркум, Кувачи-Алат. В числе подготовленных числится 2 структуры: Четкум и Тортепа; 2 площади находятся в бурении: Гарбий Аккум и Хатаркум; 5 структур числятся в фонде выявленных: Тошкум, Южный Хатар, Шимолий Тортепа, Шаркий Кандым и Жанубий Гужайли [5].

На территории Кандымского поднятия до сегодняшнего дня все геологические и геофизические работы были направлены на изучение юрской карбонатной формации, в связи с чем основные объекты подготавливались по юрским карбонатным отложениям. В последние годы попутно открыт ряд месторождений по юрской терригенной формации после чего внимание было уделено изучению терригенных отложений юры и, в первую очередь, западной части района, где, в

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

основном, расположены такие месторождения, как Чегаракум, Кумли, Аккум, Жанубий Аккум, Шаркий Хатар. В остальной части Кандымского поднятия отложения юрской терригенной формации целенаправленно не изучались, лишь некоторые скважины, вскрывшие юрские терригенные отложения, были испытаны.

На территории Кандымского поднятия в меловых отложениях испытание проводилось на месторождении Кувачи-Алат. В результате из XIV горизонта получен промышленный приток газа. Регионально-газоконденсатными в описываемом районе являются карбонатные отложения верхней юры XV-3, XV-2, XV-1 горизонтов и терригенные отложения средней юры XVII, XVIII, XIX горизонтов.

Объектом подсчета прогнозных ресурсов УВ-сырья на территории Кандымского поднятия являются отложения нижнего мела и юрской карбонатной и терригенной толщи. Эталонная площадь оцениваемого участка для нижнемеловых отложений составила 158,3 км², при расчете этой площади учитывались данные одного месторождения Кувачи-Алат.

Эталонная площадь оцениваемого участка для юрских отложений составила: среднеюрских – 87,1 км² и верхнеюрских – 1508,91 км², при расчете площадей были приняты данные по 9 месторождениям (Андакли, Парсанкуль-Аккум, Шаркий Хатар, Тайлак, Чегаракум, Кушимча, Кумли, Шоркум, Кувачи-Алат), по которым числятся запасы в юрских отложениях. При выборе эталонных участков и определении средней плотности запасов на 1 км² данные месторождения Кандым не были включены. Использование их в подсчетах ресурсов привело бы к необоснованному завышению их сегодняшнего состояния.

Площадь расчетного участка по нижнемеловым отложениям составила 2285,23 км². По юрским отложениям площадь расчетного участка составила: для среднеюрских 2390,93 км² и для верхнеюрских – 934,62 км². Начальные запасы газа по нижнемеловым отложениям Кандымского поднятия составили 4542 млн м³, по юрским – 186386 млн м³.

Начальные запасы конденсата (геол./извлек.) по нижнемеловым отложениям Кандымского поднятия составили 82/54 тыс.т, по юрским – 4685/3891 тыс.т. После изучения имеющегося геолого-геофизического материала коэффициент аналогии принят равным для нижнемеловых отложений 0,30, для среднеюрских отложений – 0,30 и для верхнеюрских – 0,3.

Плотность запасов газа эталонного участка для меловых отложений равна 28,7 млн м³/км², для среднеюрских – 7,2 млн м³/км² и для верхнеюрских – 123 млн м³/км². Плотность запасов газа расчетного участка для нижнемеловых отложений равна 4,3 млн м³/км², для среднеюрских отложений – 1,08 млн м³/км² и для верхнеюрских отложений – 36,91 млн м³/км².

Прогнозные ресурсы УВ по нижнемеловым отложениям Кандымского поднятия составили (геологические/извлекаемые) 23326/19725 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа (сырого/сухого) – 19671/16720 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 355/231 тыс.т. По юрским отложениям прогнозные ресурсы составили

(геологические/извлекаемые) 51661/43492 тыс.т.у.т. Из них ресурсы свободного газа (сырого/сухого) – 42732/36322 млн м³, конденсата (геол./извлек.) – 1469/955 тыс.т.

Всего прогнозные ресурсы УВ по категории Д₁+Д₂ Кандымского поднятия подсчитаны в количестве (геологические/извлекаемые) 74987/63217 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа – 62403/53042 млн м³, конденсата – 1824/1186 тыс.т (табл.2).

Прогнозные ресурсы углеводородов по категории Д₁+Д₂ по западной части Чарджоуской тектонической ступени составили (геологические/ извлекаемые) 556508/469428 тыс.т.у.т., в том числе свободного газа – 464289/394646 млн м³, конденсата – 12526/8143 тыс.т (табл.2). Плотность распределения прогнозных ресурсов Кандымского поднятия составила 31,4 тыс.т.у.т/км² (табл.1), что относится ко 2-й категории степени концентрации (перспективной).

Выводы. На основе распределения прогнозных ресурсов УВ категории Д₁ и Д₂, степени их концентрации в мезозойских отложениях западной части Чарджоуской тектонической ступени разработана карта перспектив нефтегазоносности, на основе чего авторами рекомендуются в качестве первоочередных объектов для постановки дальнейших геологоразведочных работ на нефть и газ Биргутлинский и Каракульский прогибы.

Литература

1. Абидов А.А. Нефтегазоносность литосферных плит. – Ташкент: Фан, 1994. – 115 с.
2. Богданов А.Н. Перспективы наращивания запасов бессернистого газа в юрских терригенных отложениях в пределах северо-западной части Чарджоуской ступени: Дис:…канд. геол.-мин. наук. – Ташкент, 2009. – 191 с.
3. Мамиров Ж.Р. Создание электронной карты тектонического районирования нефтегазоносных регионов Республики Узбекистан: Отчет НИР. – Ташкент: ИГИРНИГМ, 2021.– 310 с.
4. Мубарак Матлак Аль-Хаджери, Мариам Аль-Сайед. Моделирование осадочных бассейнов и нефтегазоносных систем // Нефтегазовое образование. – США, 2009. – Т. 21. – №2. – 18 с.
5. Мухутдинов Н.У., Хожиев Б.И., Каршиев О.А. Потенциал нефтегазоносности нижнемеловых отложений западной части Чарджоуской тектонической ступени. // Инновацион технологиялар журналы, Карши , 2022, 3-7с.
6. Нугманов А.Х. Окись натрия как показатель солености древних водоемов // Вопросы геологии и нефтегазоносности Узбекистана. Вып.1. – Ташкент: Фан, 1966. – С.70 – 77.
7. Садыков Ю.М., Султанова Д.Б. Комплексный анализ результатов сейсморазведки и глубокого бурения в пределах северо-западной части Чарджоуской ступени с целью выделения перспективных объектов в объеме юрских карбонатных и нижнемеловых отложений. Отчет НИР (заключ.). – Ташкент: ИГИРНИГМ, 2016. – 121 с.

НЕФТЬ И ГАЗ. ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

8. Хожиев Б.И. Продуктивность и потенциал нефтегазоносности мезозойских отложений западной части Бухаро-Хивинского региона / Дис:…док. геол.-мин. наук. - Ташкент, 2022. - 209 с.

9. Хожиев Б.И. Проект поисков месторождений (залежей) нефти и газа на площади Шон-Шараф. Отчет НИР. – Ташкент: ИГИРНИГМ, 2019.– 65 с.

10. Хожиев Б.И. Проект поисков месторождений (залежей) нефти и газа на площади Тандирли. Отчет НИР. – Ташкент: ИГИРНИГМ, 2016.– 66 с.

11. Хожиев Б.И. Уточнение строения многопластовых ловушек неантиклинального типа юрской терригенной формации Кандымского поднятия // XI Международная конференция молодых ученых и студентов “Современные техника и технологии в научных исследованиях”. – Бишкек, 2019. – С. 226 – 230.

12. Хожиев Б.И. Палеотектоника, процессы формирования структуры и продуктивность юрской терригенной формации Кандымского поднятия (Узбекистан) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 1 – 12.

Предоставлено ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», Ташкент

УДК 504.75.

ПРИРОДНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЕ ПРИЧИН

М.Б. Арипходжаева, У.М. Турабекова, Б.Г. Гуломжонов

Мақолада экологик ва табиий офатларни башиорат қилиши, ўрганиши ва статистик маълумотлар, зарарли омилларни ўрганиши, табиий ва мумкин бўлган экологик ҳодисалар билан курашиши усуллари муҳокама қилинади. XXI -асрга қадам қўйган инсоният ўтган асрларда содир бўлган турли фалокат ва бошқа муаммоларни кўриб чиқиши ва таҳлил қилиши мумкин. Табиий ва экологик муаммосига бағишланган ушбу мақола узлуксиз алоқани таъминлайди ва юзага келиши мумкин бўлган вазиятни бошқариши имкониятини беради.

Калит сўзлар. Фалокат, хавфсизлик, ёнгин, портлаш, авария, маҳаллий, энергия тизими, эвакуатсия, прогнозлаш, атроф-муҳит, zilzila, зарар этказувчи омиллар.

В статье рассматривается прогнозирование экологических и природных катаклизмов, изучение а также статистика, исследование поражающих факторов методы борьбы с природными и возможными экологическими явлениями. Человечество, вступая в XXI век, может рассматривать и анализировать различные катастрофы и другие проблемы прошлых столетий. Данная статья, по проблеме природного и экологического характера, обеспечивает непрерывную связь и даст возможность ориентироваться возможной ситуации.

Ключевые слова. Катастрофа, безопасность, пожар, взрыв, авария, локальный, ликвидация, энергетическая система, эвакуация, прогнозирование, экологические, землетрясение, поражающие факторы.

The article discusses the forecasting of environmental and natural disasters, the study and statistics, the study of damaging factors, methods of dealing with natural and possible environmental phenomena.

Humanity, entering the XXI st century, can consider and analyze various catastrophes and other problems of past centuries. This article, on the problem of a natural and ecological nature, provides continuous communication and will provide an opportunity to navigate the possible situation

Keywords. Catastrophe, safety, fire, explosion, accident, local, liquidation, energy system, evacuation, forecasting, environmental, earthquake, damaging factors.

Обстановка на определенной территории сложившейся в результате аварии опасного экологического и природного явления, катастрофы, бедствие которые могут за собой повлечь человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде это и есть чрезвычайные ситуации [3].

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Экологическая проблема — проблема, в результате которой происходит нарушение окружающей среды. Может подразделяться на проблемы: связанные с взаимодействием человека и природы, связанные с воздействием человека на окружающую среду. Из них на сегодняшний день считаются самыми разрушительными и опасными это природные явления которые сами по себе могут перейти на экологическую проблему [5].

Природные чрезвычайные ситуации различают по масштабам и характеру источника возникновения. Наводнения, лесные и торфяные пожары, землетрясения, селевые потоки и оползни, бури, ураганы, смерчи, снежные заносы и обледенения, природные чрезвычайные ситуации, и они всегда будут спутниками человеческой жизни. При землетрясениях характер поражения людей зависит от вида и плотности застройки населенного пункта, а также от времени возникновения землетрясения (днем или ночью).

Ночью количество пострадавших значительно выше, т.к. большинство людей находятся дома и спят. Так было 06 февраль 2023 года в Турции Землетрясение магнитудой 5,1 произошло в 22:31 по местному времени в районе Гёксун провинции Кахраманмараш в Турции (рис.1).

Согласно информации, размещенной на сайте Управления по ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций (AFAD), землетрясение магнитудой 5,1 было зафиксировано в 22:31 в районе Гёксун. Землетрясение произошло на глубине 12-18 километров.



Рис.1. Загрязнение окружающей среды

Экологические проблемы на сегодня составляют:

- Мусор, пластик, их переработка;
- Загрязнение водоемов, плохая питьевая вода;
- Состояние воздуха, его загрязнение;
- Природные катаклизмы;

- Глобальное потепление, климатические изменения;
- Загрязнение окружающей среды в целом.

В том, что касается конкретных экологических проблем, которые затрагивают непосредственно лидирует загрязнение воздуха на 70%. На втором месте загрязнение воды (15%) и другие.

Природные явления связывают с перепадами температуры в глубине земли. Землетрясение возникает на плитах тектонических. Было замечено и исследовано то что за последние два века сильные землетрясения возникли в результате вспарывания крупных разломов плит выходящих на поверхность [7].

Ежегодно приборами регистрируется более миллиона землетрясений. Рост количества пунктов наблюдений и совершенствование приборов для записи сейсмических колебаний позволили регистрировать с каждым десятилетием всё больше землетрясений, происходящих в недрах планеты.

Если в начале 2020-х годов регистрировалось около 40 землетрясений баллы 7 и выше, то к- 21 веку местоположение и сила всех происходящих землетрясений такой магнитуды фиксировались, и количество таких событий составило более 4000 случаев за десятилетие. В зависимости от энергии землетрясений они условно подразделяются на сильные, слабые и незначительные землетрясение.

Термины «разрушительное» или «катастрофическое» используются по отношению к землетрясению любой энергии и природы, если оно сопровождалось разрушениями и гибелью людей [8].

В средней Азии Землетрясения составляют 60% от общего числа природных катастроф и занимает второе место.

Статистика по природным чрезвычайные ситуациям показывает 59%, техногенные чс 23%, экологический чс 10%, социальный чс 8% (рис.3).

Колебания от землетрясений передаются в виде сейсмических волн. Землетрясения и связанные с ними явления изучает сейсмология, которая ведёт исследования по следующим основным направлениям:

- Изучение происхождение землетрясений: почему, как и где они происходят.



Рис.2. Землетрясение Гёксун провинция Кахраманмараш в Турции

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- Применение знаний о землетрясениях для защиты от них путём прогноза возможных в том или ином месте сейсмических ударов в целях строительства стойких к их воздействию конструкций и сооружений.

- Изучение строения земных недр и разведка месторождений полезных ископаемых с использованием сейсмических волн от землетрясений и искусственных сейсмических источников [3].

Разрушение среды обитания видов происходит главным образом в результате деятельности человека — добычи природных ресурсов, которые в свою очередь приводят к землетрясениям, роста населённых пунктов и сельского хозяйства. Другие важные факторы включают лесозаготовку, промышленную рыбную ловлю и интродукцию инвазивных видов.

Методы борьбы с экологической проблемой:

- Экономить ресурсы;
- Разделять мусор;
- Сдавать вторсырьё;
- Выбирать экологичный транспорт;
- Использовать повторно и правильно утилизировать;
- Внедрять эко-привычки на работе и дома;
- Сохранить чистую водную среду;
- Постараться отвыкнуть от пластика.

Одним из причин природных катаклизмов как землетрясение это после добычи природных ресурсов. Поражающими факторами землетрясения, являются, прежде всего, механические воздействия колебаний земной поверхности и трещины. Однако следует отметить, что во время землетрясений очень редко причиной человеческих жертв бывает движение почвы само по себе.

Магнитуду принято обозначать арабскими цифрами, а интенсивность римскими. (таб 1)

Таблица 1

Соотношение шкал Меркалли и Рихтера

Магнитуда	0-4,2	4,3-4,8	4,9-6,1	6,2-7,2	7,3-8,9
В Баллах	I-III	IV-V	VI-VII	VIII-IX	IX-XII

Прогнозирование землетрясений: – одно из важнейших мероприятий в системе контроля сейсмической обстановки, позволяющее своевременно принять меры по защите населения. Землетрясения, как и количество жертв и разрушений трудно предсказуемы. Это исключает возможность полного прогнозирования всех его последствий. Но, учитывая сейсмоопасные зоны, возможно, вполне реально иметь в готовности силы и средства для предупреждения и ликвидации этих катастроф на объектах любого уровня.

По методам разработки прогнозы можно классифицировать на интуитивные и формализованные. Интуитивные основываются на информации, полученной главным образом методом экспертных оценок. Формализованные прогнозы базируются на фактической информации об исследуемом объекте.

Методы прогноза: Природные чрезвычайные явления приводят экологическим проблемам. Землетрясение в большинстве случаев основываются на наблюдении аномалий геофизических полей, измерении значений этих аномалий и обработке полученных данных. При этом могут оцениваться изменения сейсмической активности (сильное землетрясение нередко предваряется серией слабых толчков) и геомагнитного поля, деформацией земной коры и горных пород, ее составляющих; изменения уровня воды в колодцах и скважинах; содержание радона в подземных водах и другие факторы. Прогнозы бывают долгосрочные (на годы — десятилетия), среднесрочные (на месяцы — годы), краткосрочные (по времени 2–3 суток — часы, по месту 30–50 км) и иногда оперативные (на часы — минуты). Используют также наблюдения за необычным поведением животных, птиц, рыб, которое бывает перед началом землетрясения.

К основным методам прогнозирования относят:

- статистические методы;
- экспертные оценки;
- методы моделирования, в том числе имитационного;
- интуитивные;

Основные способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях являются: эвакуация, укрытие в защитных сооружениях пострадавших, использование средств защиты и медицинской профилактики.

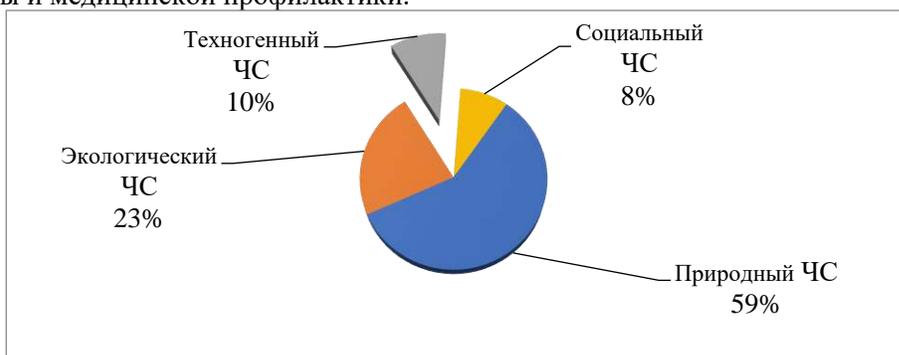


Рис.3. Статистика чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайные ситуации в сложных условиях это уже потеря своего рода времени и людей, на протяжении многих лет человек боролся за выживание. Поиск людей является одной из важных задач, решаемой сотрудниками МЧС. Использование современных технологий в обеспечения безопасности — это не только минимализм потери людей, но современные потребности в мире, котором бушует природная, биологическая, террористическая, атомная и радиационная опасность [8].

Один из традиционных методов мониторинга, авиаучёт не является достаточно эффективным. В связи с этим в настоящее время рассматриваются альтернативные летательные аппараты сверхлегкой авиации и беспилотные летательные аппараты. В первую очередь это связано с нивелированием рисков для сотрудников научно

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

исследовательских институтов, которые осуществляют мониторинг, а также возможностью съемки на низких высотах и вблизи объектов изучения. Также интенсивное развитие информационных технологий и высокопроизводительных вычислений позволяет оперативно передавать и обрабатывать информацию в режиме реального времени.[10]

Так как наиболее актуальная цель мониторинга во время природных или экологических явлениях, выявление опасных факторов и принятие профилактических и оперативных мероприятий. Необходимо учесть, что территория, определяемая для мониторинга нескольких тысяч квадратных километров. Время, располагаемое для мониторинга, можно разбить на три составляющих:

$$t_{м.} = t_1 + t_2 + t_3 \dots, \quad (1)$$

где $t_{м.}$ - время, имеющееся в наличии, т.е. оставшееся до точки «Ч»; t_i - время, затрачиваемое для каждого этапа. ($i=1, \dots, 3$)

$$t_{м} = \sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 \quad (2)$$

- время ($\sum t_1$) для проведения мониторинга, и получение своевременных сигналов;

- время ($\sum t_2$) для принятия управленческого решения и разработки профилактических и оперативных мероприятий;

- время ($\sum t_3$) для реализации принятого решения

При использовании для мониторинга летательных аппаратов (СЛА) создается возможность уменьшения $\sum t_1$ ввиду этого у нас больше остается времени для принятия управленческого решения и разработки профилактических и оперативных мероприятий $\sum t_2$, а так же $\sum t_3$ для реализации принятого решения.

При $t_1+t_2 \rightarrow \lim t_1+t_2$ создается возможность для $t_3 \rightarrow \max t_3$, чаще всего увеличение $\sum t_3$ за счет $\sum t_1$ и $\sum t_2$. Далее видим, что при $t_1 \rightarrow \lim t_1$ допустимо, $t_2 \rightarrow \max t_2$ и $t_3 \rightarrow \max t_3$.

Чтобы оценить все преимущества (СЛА), нужно понять, где и как они могут использоваться. С получением резкого импульса в науке в Центральной Азии начали совместно решать накопленные десятилетиями экологические и природные проблемы. В Узбекистане существует более 15 проектов направленных на решение проблем, связанных с экологическим бедствием.

Заключение: По мере того, как усложнялась человеческая цивилизация, так же стремительно ухудшалось и состояние экологии на нашей планете. Промышленные отходы так же вредят рекам, озерам и другим водоемам. Во многих районах планеты вода непригодна для питья. Каждый год в мировой океан поступает более 30 млн.т. нефтепродуктов, огромное количество неразлагающихся веществ, продуктов военной и химической промышленности. Что в свою очередь сказывается на морских животных.

При природных явлениях в опасных зонах необходимо создать запасы материальных средств и продовольствия, это имеет большое значение, так как стихия выводит из строя не только жилье, но и складские помещения, где хранятся текущие

запасы продовольствия. Кроме того, разрушаются пути подвоза (железные и шоссейные дороги, взлетно-посадочные полосы аэродромов, причалы морских и речных портов). Поэтому запасы продовольствия и материальных средств должны создаваться в расчете на автономное снабжение зоны бедствия в течение нескольких дней и способных выдержать ожидаемые земные толчки максимальной силы и защитить продовольствие от загрязнения, выброшенных с разрушенных предприятий.

На нашей планете случаются катастрофы и стихийные бедствия, болезни, которые ежегодно уносят миллионы жизней и причиняют экономический ущерб. За последние годы увеличилось природные и экологические чрезвычайные ситуации, глобальные изменение климата, вызванных жизнедеятельностью человека. Эффективность таких мер невозможно без оперативного получения и анализа достоверной информации.

Самый оптимальный метод борьбы с экологическими проблемами, использование природного газа, ветровой, солнечной энергии и гидроэлектростанций обеспечивает чистоту атмосферы. Охрана и восстановление земель и лесов, использование биотоплива позволяет значительно снизить концентрацию вредных веществ в выхлопных газах.

Литература

1. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash - yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi qabul qilinganining 24 yilligiga bag'ishlangan tantanali marosimdagi ma'ruza. 2016 yil 7 dekabr /Sh.M.Mirziyoev. — Toshkent: "O'zbekiston", 2017. - 48 b.
2. Kolyshkin, D.A. Active coals. Properties and test methods. Guide. / Kolyshkin D.A., Mikhailova K.K. // L: Chemistry.- 1972. -56 p.
3. Dubinin M.M. Characteristics of adsorption properties and microporous structure of carbon adsorbents // Carbon adsorbents and their application in industry. Part 3. Structure and properties of carbon adsorbents: Collection of the 4th All-Union Soviet-Perm.- 1987.-p. 3-14.
4. Mukhin, V.M. Active coals. Elastic sorbents. Catalysts, desiccants and chemical absorbers based on them (Nomenclature catalog). / Mukhin V.M., Chebykin V.V., Galkin E.A., Vasiliev N.P., Medyanik V.S., Tamamyan A.N. Under the general editorship of V.M. Mukhin // M: Ore and metals. 2003. p. 208.
5. Kuldasheva A.SH., Usmanov R.M., Abdikamalova A.B., Eshmetov I.D., Eshmetov 7.R.J., Sharipova A.I. Obtaining coal adsorbents based on local wood waste, investigation of their physico-chemical and adsorption properties //Journal of Critical Reviews, 2020, 7(12), p. 128-135.
6. Kuldasheva S., Jumabaev B., Agzamkhodjayev A., Aymirzaeva L., Shomurodov K. Stabilization of the moving sands of the drained and dried aral sea bed//Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2015, 50(3), C. 314–320.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

7. Сулейманов А.А., Кулдашев И.Х., Арипходжаева М.Б. Оценка рисков при воздействии опасных факторов на категорированные объекты. Ўзбекистон Республикаси Миллий гвардияси Ҳарбий-техник институтининг ахборотномаси (илмий-амалий журнал). 2019, 2-сон. С.121-128.

8. Қамбаров Х.У, "Турар жой биноларининг конструктив элементлари" Ўқув қўлланма. «Ўқитувчи Тошкент-1992 й.

9. ҚМҚ 2,03.08- 98 «Ёғоч конструкциялари». ЎзР Давлат архитектура ва қурилиш қўмитаси - Тошкент, 1998,- 79 б.

10. Тўйчиев Н.Ж. "Фуқаро ва саноат бинолари конструкцияси" Ўқув қўлланмаси. ТАҚИ, 2002.

11. Azimov X.A. Bino va inshootlar yong'in xavfsizligi. O'quv qo'llanma. T.-2004.

12. Виноградов Д.В. Пожарная безопасность высотных зданий и подземных автостоянок//. Учебное пособие. - М.: МГСУ, 2010. – 32 с.

13. Газлийское землетрясение 1984 г. Инженерный анализ последствий. - М.: Наука, 1988. – 157 с.

14. Атабаева М.М., Арипходжаева М.Б. Разработка экологически чистой технологии облагораживания низкосортных марганцевых руд. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции “Проблемы исследования естественных наук”, Нукус, 2017. – С. 177-179.

15. Сайидкосимов С.С., Абдуазизов А.А., Тен Ю.Ч., Алланазаров О.Р., Абдукаримов А.А. Применение беспилотных летательных аппаратов для определения объемов поверхности карьера, разреза или рудника. Научно издательский центр “Актуальность РФ”, 2019.- С. 102-106.

*Представлено Ташкентским государственным
техническим университетом*

УДК 691.316

THE ROLE OF EDUCATIONAL SIMULATORS IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN TECHNICAL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**I.U. Rakhmonov, Sh.R. Ganiev, N.N. Kurbonov**

Yangi texnologiyalarni texnika oliy o'quv yurtlariga qo'llash jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Talabalarni ushbu sohada yuqori malakali tayyorlash uchun oliy o'quv yurtlari ularga eng zamonaviy va tegishli ta'lim berishlari kerak. Bunga erishish yo'llaridan biri talabalarga o'z bilimlarini xavfsiz va boshqariladigan muhitda mashq qilish va qo'llash imkonini beruvchi o'quv simulyatorlaridan foydalanishdir. Ushbu tadqiqotning maqsadi texnika oliy ta'lim muassasalarida o'quv jarayonidagi simulyatorlarining samaradorligini o'rganishdir. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, o'quv simulyatorlari texnik tushunchalar va ko'nikmalarni o'rgatish uchun samarali vosita bo'lib, talabalarining faolligi va malakasini oshirish, materialni saqlashni tahrirlash va baholashda yaxshi natijalarga erishish kabi ta'lim natijalarini yaxshilashga olib keladi. Shu bilan birga, simulyatorlar talabalarni real asbob uskunalar bilan tanishtirish uchun ishlatilishi mumkin, bu ularga o'z bilim va ko'nikmalarini oshirib, real hayotda muvaffaqiyatli qo'llash imkonini beradi. Ushbu tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, texnik oliy ta'lim muassasalariga o'quv dasturlarida o'quv simulyatorlaridan foydalanish tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: o'quv simulyatorlari, texnika oliy ta'lim muassasalari, o'quv jarayoni, dasturiy mahsulot, avtomatlashtirish.

Применение новых технологий в технических вузах развивается быстрыми темпами. Высшие учебные заведения должны предоставлять студентам самое современное и соответствующее образование для подготовки. Одним из способов достижения этого является использование учебных симуляторов, которые позволяют учащимся практиковаться и применять свои знания в безопасной и контролируемой среде. Целью данного исследования является изучение эффективности использования тренажеров в учебном процессе технических вузов. Результаты исследований показали, что учебные симуляторы являются эффективным инструментом обучения техническим концепциям и навыкам, что приводит к улучшению результатов обучения, таких как повышение качество технического образования. В то же время тренажеры могут использоваться для ознакомления учащихся с реальным оборудованием, что позволяет им повышать свои знания и навыки, успешно применять их в реальной жизни. По результатам данного исследования техническим вузам рекомендуется использовать учебные тренажеры в своих образовательных программах.

Ключевые слова: учебные тренажеры, технические вузы, учебный процесс, программный продукт, автоматизация.

Application of new technologies to technical higher education institutions is developing rapidly. Higher education institutions should provide students with the most up-to-date and appropriate education in order to train students in this field. One way to achieve this is through the use of learning simulators, which allow students to practice and apply their knowledge in a safe and controlled environment. The purpose of this study is to study the effectiveness of simulators in the educational process in technical higher education institutions. Research results have shown that learning simulators are an effective tool for teaching technical concepts and skills, leading to improved learning outcomes such as increased student engagement and proficiency, better performance in editing and grading, and retention of material. At the same time, simulators can be used to introduce students to real equipment, which allows them to increase their knowledge and skills and successfully apply them in real life. Based on the results of this research, technical higher education institutions are recommended to use educational simulators in their educational programs.

Key words: educational simulators, technical higher education institutions, educational process, software product, automation.

Introduction. Educational simulators play a crucial role in the educational process in technical higher education institutions by providing students with hands-on, interactive learning experiences that enhance their understanding of complex technical concepts and skills. Educational simulators can be an effective tool for teaching technical concepts and skills [1,2]. By providing students with hands-on, interactive learning experiences, simulators can help students to better understand and retain the material they are learning. Additionally, simulators can be used to expose students to real-world scenarios, allowing them to apply their knowledge and skills in a more authentic context. The field of technical education is constantly evolving, with new technologies and techniques being developed at a rapid pace. This evolution requires technical higher education institutions to provide students with the most up-to-date and relevant training possible. One way to achieve this is through the use of educational simulators [3,4]. Educational simulators are computer-based systems that mimic real-world scenarios, allowing students to practice and apply their knowledge in a safe and controlled environment. The use of educational simulators in technical education has been the subject of many studies, but there is still a need to investigate their effectiveness in the educational process. The purpose of this study is to investigate the effectiveness of educational simulators in the educational process in technical higher education institutions.

Methodology. A literature review was conducted to gather information on the use of educational simulators in technical education. Studies and articles were selected based on their relevance to the topic and their publication date. In order to ensure the credibility of the sources, only peer-reviewed articles were included in the review.

Results. The literature review revealed that educational simulators can be an effective tool for teaching technical concepts and skills. By providing students with hands-on, interactive learning experiences, simulators can help students to better understand and retain the material they are learning.

Additionally, simulators can be used to expose students to real-world scenarios, allowing them to apply their knowledge and skills in a more authentic context. Studies have shown that simulators can lead to improved learning outcomes, such as increased student engagement and motivation, improved retention of material, and better performance on assessments (Figure 1).

Discussion. There have been numerous studies conducted on the use of educational simulators in technical education. These studies have shown that simulators can lead to improved learning outcomes, such as increased student engagement and motivation, improved retention of material, and better performance on assessments. The use of educational simulators in technical education can provide students with hands-on, interactive learning experiences that enhance their understanding of complex technical concepts and skills [5]. This can lead to improved learning outcomes, such as increased student engagement and motivation, improved retention of material, and better performance on assessments [6]. Additionally, simulators can be used to expose students to real-world scenarios, allowing them to apply their knowledge and skills in a more authentic context.

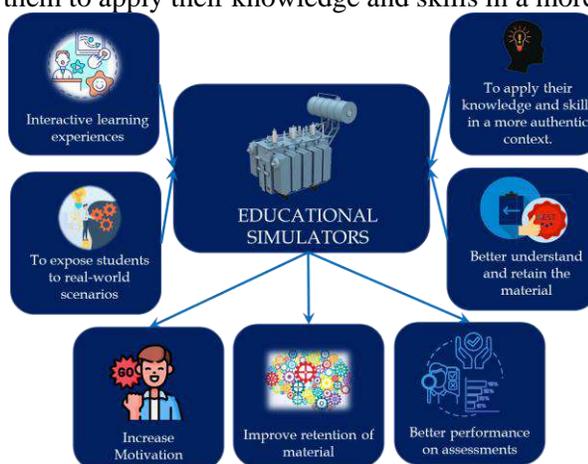


Figure 1. The role of educational simulators in the educational process

Based on the findings of this research, it is recommended that technical higher education institutions make use of educational simulators in their curriculum [7, 8]. Additionally, it is recommended that future research be conducted to further investigate the effectiveness of educational simulators in technical education and to explore ways in which they can be integrated into the curriculum in the most effective manner.

Conclusion: The literature review revealed that educational simulators play a vital role in the educational process in technical higher education institutions. They provide students with hands-on, interactive learning experiences that enhance their understanding of complex technical concepts and skills. In conclusion, this scientific article has highlighted the importance of incorporating educational simulators into the curriculum of technical higher education institutions. The literature review conducted for this study has revealed that simulators can be an effective tool for teaching technical concepts and skills, leading to

improved learning outcomes such as increased student engagement and motivation, improved retention of material, and better performance on assessments. Additionally, simulators can provide students with real-world scenarios, allowing them to apply their knowledge and skills in a more authentic context. Based on the findings of this study, it is recommended that technical higher education institutions make use of educational simulators in their curriculum in order to provide students with the most up-to-date and relevant training possible. Further research is needed to investigate the specific ways in which simulators can be implemented and optimized for maximum effectiveness in technical education.

Referenes

1. Mitrofanova, Elena & Mitrofanova, Aleksandra & Zhaxybayeva, Gulnar. (2021). Preparedness of Higher Education Institutions for the Digitization of the Educational Process. 10.1007/978-3-030-56433-9_113.
2. Younes, Said. (2018). The Role of Educational ERP in the Isomorphic Development of the Newly Started Higher Education Institutions. 10.1007/978-981-10-5577-5_34.
3. Rahman, Fozlur & Mim, Marium & Baishakhi, Feekra & Hasan, Mahmudul & Morol, Md. Kishor. (2022). A Systematic Review on Interactive Virtual Reality Laboratory.
4. Rakhmonov I.U., Kurbonov N.N. Educational simulations are factors of strengthening theoretical knowledge in quality // «Иқтисодийни рақамлаштириш шароитларида энергетиканинг долзарб муаммолари» мавзусидаги Халқаро илмий-амалий конференцияси. Бухоро шаҳри 24-26 ноябрь 2022 йил. 34-38 б.
5. <https://www.mathworks.com/discovery/plc-simulation.html>.
6. Kurbonov N.N., Rakhmonov I.U. Simulation of the power supply system using industrial 4.0 wireless tools // "Тинчуринские чтения – 2022, «Энергетика и цифровая трансформация» Международная молодежная научная конференция. Казань, 27-29 апреля 2022 г. 14-17 с.
7. Kasemsap, Kijpokin. (2017). The Role of Social Capital in Higher Education Institutions. 10.4018/978-1-5225-1837-2.ch074.
8. Rakhmonov I.U., Kurbonov N.N., Bijanov A.K. Types of simulators and their efficient architectures // Вестник науки и образования ISSN 2312-8089. № 9 (129). 2022 pp. 13-19.

*Presented by Tashkent
State technical university*

УДК: 621.316

О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ МАГНИТОУПРУГОГО ЭФФЕКТА

К.К. Жураева

Мақолада магнитоэластик эффектларни таҳлил қилиш учун илмий-техник ижодкорликнинг занжирларнинг энергия-ахборот моделидан (ЭИМЗ) фойдаланиш кўриб чиқилади. ЭИМЗ нинг асосий қийматлари ва параметрлари магнитоэластик эффект учун маълум манбаларга мувофиқ кўрсатилган. ЭИМЗ параметрлари ва магнит эластик материалларнинг хусусиятлари ўртасида боғлиқлик ўрнатилади. Магнитоэластик эффектга асосланиб ишлаб чиқилган ўзгартиргичнинг параметрик структура схемаси (ПСС) тақдим этилади ва назарий тадқиқотлар учун сезгирликнинг математик ифодалари олинади.

Калим сўзлар: магнитоэластик эффект, физик маъно, магнитоэластик эффектнинг тузилиши, параметрлар, катталиклар, асосий нисбат, ўзгартгич, энергия-информацион модел, параметрик структура схемаси.

В статье рассматривается использование энергоинформационного метода цепей (ЭИМЦ) для анализа магнитоупругих эффектов. Показаны основные величины и параметры ЭИМЦ в соответствии с известными источниками для магнитоупругого эффекта. Устанавливается связь между параметрами ЭИМЦ и свойствами магнитоупругих материалов. Приведена параметрическая структурная схема (ПСС) разработанного преобразователя, на основе магнитоупругого эффекта и получены математические выражения чувствительности для теоретических исследований.

Ключевые слова: магнитоупругий эффект, физический смысл, структура магнитоупругого эффекта, параметры, величины, основные соотношения, преобразователь, энерго информационная модель, параметрическая структурная схема.

In the article discusses the use of the energy-information method of circuits (EIMC) of scientific and technical creativity for the analysis of magnetoelastic effects. The main values and parameters of the EIMC are shown in accordance with known sources for the magnetoelastic effect. A connection is established between the parameters of the EIMC and the properties of magnetoelastic materials. A parametric block diagram (PSS) of the developed converter is presented, based on the magnetoelastic effect, and mathematical expressions of sensitivity for theoretical studies are obtained.

Key words: magnetoelastic effect, physical meaning, structure of the magnetoelastic effect, parameters, magnitudes, basic ratios, converter, energy-information model, parametric block diagram.

Введение. В настоящее время во многих отраслях промышленности нашли свое применение магнитоупругие преобразователи (МУП) механических величин. Они обладают высокой точностью, стабильностью при внешних возмущениях. Действие МУП основано на магнитоупругом эффекте, вызванный изменением магнитной проницаемости ферромагнитного чувствительного элемента под влиянием механических напряжений. В конструкции, предлагаемой автором с целью повышения точности измерения растягивающих усилий магнитопровод выполнен из ферромагнитного материала с зазором, по обе стороны которого расположены отверстия для приложения измеряемого усилия, а также соосно расположенные и смещенные относительно друг друга в осевом направлении двух идентичных незамкнутых полых цилиндрических кольца прямоугольного сечения, одноименные концы которых соединены друг с другом соответствующими перемычками [1, 2].

Использование автоматизированного банка данных физико-технических эффектов (ФТЭ) и изобретений, является одним из способов реализации такого подхода. С появлением различных ФТЭ и изобретений новых промышленных образцов, увеличивается объем информации в банке данных, следовательно, расширяются возможности эффективного синтеза технических решений и анализа существующих конструкций. При увеличении количества ФТЭ увеличивается количество новых вариантов физического принципа действия (ФПД) технического устройства в несколько раз, следовательно, автоматизированный отбор оптимального из полученных вариантов. Одним из подобных методов являются энерго-информационная модель цепей (ЭИМЦ) различной физической природы и аппарат параметрических структурных схем (ПСС). Для составления паспортов ФТЭ использование ЭИМЦ и ПСС требует большой затраты времени, однако они позволяют сделать процесс поискового конструирования технических устройств более содержательным, при этом раскрывает качественные и количественные связи, уделяя внимание разработчиков на наиболее ответственные узлы объекта. Также метод позволяет получить количественную оценку характеристик устройства путем составления структурной схемы и получения по ней уравнения устройства [3,4,5].

Постановка задачи. Чтобы описать принцип действия и основные характеристики предлагаемого преобразователя, необходимо воспользоваться известными математическими моделями, позволяющими получение наглядного и упрощенного зависимостей, необходимых для расчёта. Не смотря на их преимущества они обладают малой наглядностью с точки зрения понимания физики процесса и большой сложностью при использовании в поисковом автоматизированном проектировании. При конструировании преобразователей перед конструкторами возникают задачи сравнения и улучшения характеристик существующих технических решений, основанных на различных физических принципах действия. В последнее время использование автоматизированных систем синтеза новых технических решений с улучшенными техническими характеристиками становится актуальной в области создания магнитоупругих преобразователей механических величин для систем управления различного назначения.

Решение задачи. Рассмотрим магнитоупругий эффект, на основе которого могут быть построены преобразователи механических величин, отличающиеся улучшенными характеристиками, в качестве примера на рис 1. показана упрощенная структура магнитоупругого эффекта [7].

В магнитоупругом преобразователе происходит преобразование энергии: из механической в электромагнитную, а затем из электромагнитной в механическую (магнитоупругую). Данная трактовка принимается из методических соображений.

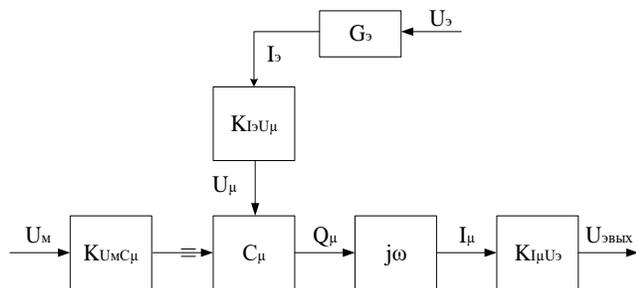


Рис. 1. Упрощенная структура магнитоупругого эффекта

U_M – механическое напряжение;
 $K_{U_M C_\mu}$ – коэффициент межцепного физико - технического эффекта;
 C_μ – магнитная ёмкость;
 Q_μ – магнитный поток;
 $j\omega$ – оператор дифференцирования;
 I_μ – магнитный ток;
 $K_{I_\mu U_\mu}$ – коэффициент межцепной связи эффекта преобразования магнитного тока в электрическое напряжение;
 $U_{\text{эвых}}$ – выходное электрическое напряжение;
 U_μ – электрическое напряжение;
 G_μ – электрическая проводимость;
 I_μ – электрический ток;
 $K_{I_\mu U_\mu}$ – коэффициент межцепного эффекта преобразования электрического тока в магнитное напряжение.

Энергоинформационная модель магнитоупругого эффекта.

ЭИМЦ характеризуется такими понятиями как цепь, величина и параметр. При этом эти понятия используются через обобщенные величины и параметры для цепей различной физической природы: N - мощность, P - импульс, Q - заряд реакции, U - сила воздействия, I - скорость реакции R - сопротивление, $G = 1/R$ - проводимость, C - емкость, $W = 1/C$ - жесткость, L - индуктивность, $D = 1/L$ - дедуктивность.

В данной модели прием в качестве величины воздействия величину механического напряжения с размерностью $[\text{Па}] = [\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}]$, так как именно данная величина является базовой при магнитоупругом эффекте. Если принять

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

механическое напряжение в качестве величины воздействия, то в качестве параметра реакции должна выступать величина магнитной ёмкости с размерностью $[\frac{M^2 \cdot A^2 \cdot c^2}{\kappa\mathcal{Z}}]$, которая есть отношение магнитного потока Q_m к величине входного

механического напряжения U_m или более точно $\frac{dQ_m}{dU_m}$. Физический смысл данной

величины есть чувствительность ФТЭ механического напряжения к магнитному потоку.

Согласно ЭИМЦ после применения теории подобия и анализа размерностей могут быть выведены основные величины и параметры которые внесены в таблицу 1 [8].

Табл. 1

Основные величины и параметры

Величины		
Воздействие	$U = B[\text{Тл}]$	(1)
Реакция	$I = \frac{dp_m}{dt} \left[\frac{M^2 \cdot A}{c} \right]$	(2)
Заряд	$Q = p_m = [M^2 \cdot A]$	(3)
Импульс	$P = \int B^* dt = \left[\frac{\kappa\mathcal{Z}}{A \cdot c} \right] = [\text{Тл} \cdot c] = [\kappa\mathcal{Z} / \text{Кл}]$	(4)
Параметры		
Ёмкость	$C = \frac{Q}{U} = \frac{p_m}{B} = \left[\frac{M^2 \cdot A^2 \cdot c^2}{\kappa\mathcal{Z}} = \frac{B\delta \cdot A}{M^3 \cdot M} \right] = \rho_m \cdot H$	(5)
Сопротивление	$R = \frac{\int B^* dt}{p_m} = \left[\frac{\kappa\mathcal{Z} \cdot c}{A^2 \cdot M^2} \right]$	(6)
Проводимость	$G = \frac{p_m}{\int B^* dt} = \left[\frac{A^2 \cdot M^2}{\kappa\mathcal{Z} \cdot c} \right]$	(7)
Жесткость	$W = \frac{1}{C} = \frac{B}{p_m} \left[\frac{\kappa\mathcal{Z}}{M^2 \cdot A^2 \cdot c^2} \right]$	(8)
Индуктивность	$L = \frac{P}{I} = \frac{\left(\int B \cdot dt \right) \cdot dt}{dp_m} \left[\frac{\kappa\mathcal{Z}}{A^2 \cdot M^2} \right]$	(9)

Примечание: p_m - плотность магнитного заряда, H - напряженность магнитного поля, ρ_m - магнитный момент.

Из равенства $B = \mu_0 \cdot \left(1 + \frac{C}{T - T_C} \right) \cdot H$, где μ_0 - магнитная постоянная, T - температура материала, T_C - точка Кюри, C - постоянная Кюри, получаем $B = \mu_0 \cdot \left(1 + \frac{C}{T - T_C} \right) \cdot \sqrt{\frac{2\lambda}{k}}$, что позволяет связать величину воздействия с параметрами

материала, где μ_0 - магнитная постоянная, T - температура материала, T_c - точка Кюри, C - постоянная Кюри, λ_s - объемная магнитоупругость.

Из выше приведенной таблицы с использованием величин и параметров цепей различной физической природы, с использованием ЭИМЦ возможно построить модель магнитоупругого эффекта, которая позволяет автоматизировать учёт свойств магнитоупругих материалов.

В магнитоупругих эффектах осуществляется преобразование входной величины U_m механической цепи в величину Q_μ магнитной цепи, которая имеет схему магнитоупругого эффекта: $U_m - KU_\mu C_\mu = C_\mu - Q_\mu$, где $KU_\mu C_\mu$ есть коэффициент преобразования (или чувствительность) магнитоупругого эффекта, учитывающий свойства магнитоупругих материалов.

Построенная параметрическая структурная схема МУП связывает параметры ЭИМЦ и параметры ФТЭ со свойствами магнитоупругих материалов, которая даёт возможность получить модель преобразователя с учётом свойства материалов, важной при разработке высокочувствительных МУП.

В данной работе приводится конструктивная схема преобразователя, разработанного с участием автора [9]. На рис 2.(а) показан общий вид концентрического ферромагнитного сердечника с соответствующими щелями и секциями измерительной обмотки, (б) электрическая схема соединения измерительных обмоток.

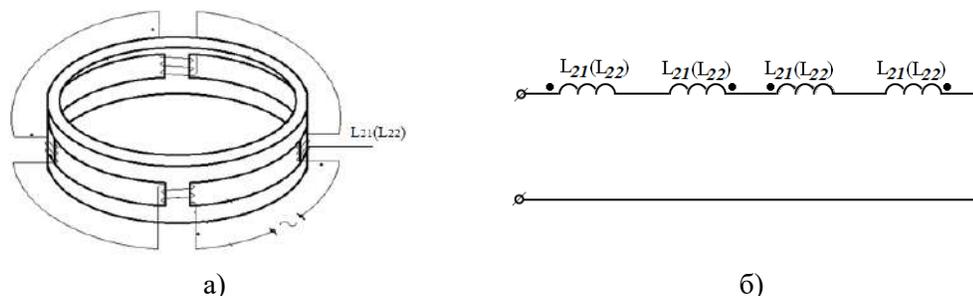


Рис.2. Общий вид концентрического ферромагнитного сердечника с соответствующими щелями и секциями измерительной обмотки - (а); электрическая схема соединения измерительных обмоток - (б)

В этом МУП концентрический ферромагнитный сердечник с кожухами охватывается без зазора торцевыми частями двух пар упругих конических втулок. Соединение секций обмоток 21 и 22 между собой последовательно-согласно, а обмоток 21 и 22 между собой последовательно-встречно.

Принцип работы преобразователя основан на магнитоупругом эффекте таким образом, что благодаря выполнению сквозных щелей на образующих поверхностях концентрических ферромагнитных сердечников обеспечивается одновременное и двухстороннее приложение механических напряжений к наружным и внутренним образующим поверхностям кольцевых магнитопроводов, в результате чего повышается чувствительность датчика.

Заключение Использование ЭИМЦ и ПСС на этапе проектирования магнитоупругих преобразователей позволяет построить множество вариантов действия и их структурных схем с учетом коэффициентов ФТЭ и межцепных эффектов. Исследование основных характеристик преобразователей на основе теории метода ЭИМЦ упрощает анализ полученных уравнений и при этом позволяет использовать ЭВМ.

Литература

1. S. Tumanski. Handbook of Magnetic Measurements. Published online on: 23 June 2011. Publisher: CRC Press. P. 390.
2. Андронов С.А. Методы оптимального проектирования: Текст лекций/С.А. Андронов. – Санкт-Петербург: ПГУАП, 2001. – 169 с.
3. Амиров С.Ф., Жураева К.К. Поисковое конструирование новых магнитоупругих датчиков усилий// Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». Ташкент – 2015. - №2. - С. 43-48.
4. Амиров С.Ф., Жураева К.К. Новые магнитоупругие датчики усилий / Наука и образование: проблемы и тенденции развития. Материалы III Международной научно-практической конференции. 29-30 октября 2015 г. Уфа – 2015. - С. 69-71.
5. Safarov A.M., Sattarov K.A., Mustafouqulov A.M., Shoyimov Y.Y. Experimental research of magnetic circuits of current converters taking into account the nonlinearity of magnetic characteristics. Journal of Physics: Conference Series, 2022, 2176(1), 012006.
6. Amirov S.F., Jurayeva K.K. Research of the basic characteristics of the new magnetic elastic force sensors. E3S Web of Conferences 139, 01084 (2019) RSES 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901084>.
7. Jurayeva K.K., Nazirova Z.G., Mirasadov M.J. Identification and analysis of sources of errors of the magnetoelastic sensor. AIP Conference Proceedings, 2021, 2402, 060019.
8. Магнитоупругий эффект в энергоинформационной модели Ю.О. Мичник // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии № 2 (2) 2008.
9. Патент РУз (UZ) № IAP 05432. Магнитоупругий датчик усилий/ Амиров С.Ф., Турдибеков К.Х., Жураева К.К., Болтаев О.Т., Файзуллаев Ж.С.// 2017г. Расмий ахборотнома-2017. - №10.

*Представлено Ташкентским государственным
транспортным университетом*

22 декабр, 2015 йилда БМТ Бош Ассамблеяси 11- феврални – Халқаро илм-фан соҳасидаги хотин-қизлар куни сифатида резолюция қабул қилди. Унда эътироф этилишича, барча ёшидаги хотин- қизларнинг ушбу соҳалардаги иштироки уларнинг ҳуқуқ ва имкониятларининг кенгайишига зарур бўлган шароитларни юзага келтиришида муҳим ишлардир. Мавзу бўйича мамлакатимиз мисолида сўз юритадиган бўлсак, хотин- қизлар Ўзбекистон аҳолисининг 50,3 % ташиқил қилади. Юртимизда мактабгача, ўрта, ўрта – махсус, олий таълимнинг самарали тизимида аёл-қизларнинг таълим олиши ҳуқуқини тўлиқ таъминлаш муҳим йўналишларидан бири ҳисобланади. Бугун аёллар таълим, маданият ва илм-фан соҳаси ривожига салмоқли улуш қўшмоқдалар. Ўзбек олима аёллари химия, биотехнология, энергетика, қишлоқ хўжалиги ва бошқа жабҳаларда ўзларининг кучли интеллектул салоҳиятларини намоён этишган ва бу чет эллардаги кўплаб илмий марказлар томонидан ҳам юксак баҳоланади. Ана шундай олима аёллардан бири техника фанлари доктори, профессор Авезова Нилуфар Раббанақуловнадир.



Авезова Нилуфар Раббанақуловна энергетика, энергосиёсат, шунингдек, қайта тикланувчи энергия манбаларидан амалий фойдаланишни ривожлантириш, паст углеродли ривожланиш соҳасида нафақат Ўзбекистонда, балки МДХ ва хорижий илмий ҳамжамият орасида ўз ўрнига эга бўлган етук мутахассисдир. Унинг мамлакат энергетика сиёсати соҳасидаги ўрни, айниқса, Ўзбекистон Республикаси энергетика тармоғини ривожлантириш бўйича қисқа ва узок муддатли ривожланиш дастурларини ишлаб чиқишда, барқарор ривожланиш мақсадларига эришишнинг устувор Миллий мақсадларини белгилашда, энергетик сиёсат соҳасидаги меъёрий-ҳуқуқий базани такомиллаштиришдаги ҳиссаси беқиёс.

Шу билан бирга, Авезова Нилуфар Раббанақуловна, қайта тикланувчи энергетика соҳасидаги халқаро амалий тажриба ва илм-фан ютуқларига таянган ҳолда республика иқтисодиётида паст углеродли ривожлантиришга ўтиш бўйича миллий дастурни амалга оширишнинг оқилона йўлларини излаш, иқтисодиёт тармоқларида энергия тежовчи технологиялардан фойдаланиш, энергетика соҳасини карбонсизлантиришда синергик самарадорликни таъминловчи янги фанлараро ўзаро боғлиқликларни асослаш ва шакллантириш, мамлакат энергетик хавфсизлигини баҳолаш усуллари ва

уни юқори даражада ушлаб туриш йуллари бўйича ҳам муҳим илмий изланишларга асос солган.

Авезова Нилуфар Раббанақуловна қайта тикланувчи энергетикани ривожлантириш соҳасида Ўзбекистон Республикасида қонун ҳужжатларини ишлаб чиқувчилардан биридир. Хусусан, “Қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонуни муаллифи, шу билан бирга, унинг раҳбарлигидаги илмий жамоа томонидан мамлакатда биринчилардан бўлиб “Пассив турар-жой бинолари” шаҳарсозлик нормалари ва қоидалари ишлаб чиқилди ва ўрнатилган тартибда амалга киритилди. Соҳани ривожлантириш йўлидаги хизматлари учун ҳукуратимиз томонидан “Меҳнат шуҳрати” ордени билан тақдирланган ва қайта тикланувчи энергия манбалари йўналишида ягона аёл фан доктори.

Авезова Нилуфар Раббанақуловна у асос солган илмий мактаб томонидан олиб борилган илмий тадқиқотларнинг натижадорлиги халқаро илмий ҳамжамият томонидан муносиб эътироф этилган: «Scopus» базасида Хирш кўрсаткичининг 8 га тенг, 2022 йилда илмий жамоа билан биргаликда 10 дан ортиқ та илмий мақола «Scopus» базаси илмий журналларида чоп этилган, “Elsevier” нашриётининг нуфузли (Journal of Building Engineering, Renewable Energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Solar Energy, Sustainability Editorial Office ва бошқалар) халқаро илмий журналларининг тақризи сифатида танланган ва “Springer Nature” нашрларида 2017-2021 йилларда Ўзбекистоннинг энг кўп нашр этилган 5 нафар олимлари орасида “Инжиниринг” йўналишида қайд этилган.

Шунингдек Авезова Нилуфар Раббанақуловна «Scopus» базасида рўйхатдан ўтган “Applied Solar Energy” халқаро илмий журналининг таҳририят аъзоси ҳамдир.

Энергетика тармоғини ривожлантиришда халқаро ташкилотлар билан ҳамкорлик фаолияти борасида қайта тикланувчи энергетика ва Барқарор ривожланиш йўналишида USAID, UNDP, UNEP, ADB, UNICEF ва EBRD каби ташкилотларнинг маҳаллий ва халқаро эксперти ҳамда қатор лойиҳалар раҳбари сифатида фаолият юритади.

Авезова Нилуфар Раббанақуловнанинг раҳбарлигида қайта тикланувчи энергия турлари асосидаги энергетик қурилмалар ихтисослиги бўйича 2 нафар фалсафа доктори (PhD) ҳимоя қилган ва ҳозирда энергетик хавфсизлик омилларини инобатга олган ҳолда қайта тикланувчи энергия манбаларидан оқилона фойдаланишни баҳолаш ва башоратлаш, бино ва иншоотларни иситиш таъминотида энергия самарадор технологиялардан фойдаланиш ҳамда пассив иситиш механизмлари каби илмий йўналишлар бўйича яна 3 нафар фалсафа доктори (PhD) диссертацияси ҳимояга тайёр. Шунингдек, замонавий

геоинформацион технологиялар ва сунъий интеллект асосидаги нейрон тармоқларни қўллаш орқали иқлим ўзгаришларини баҳолаш йўналиши бўйича ҳам докторлик диссертациялари устида ишланмоқда.

Авезова Нилуфар Раббанақуловна томонидан олиб борилган илмий тадқиқотлар натижасида, илм-фан, техника ва технологиянинг ривожланиб бориши билан, илм-фан ютуқлари, илмий ҳажмдор ишланмаларни инобатга олган ҳолда, фан йўналишларини замонавийлаштириш, хусусан, икки ва ундан ортиқ фан йўналишлари орасида ўзаро синергетик боғланишни қўллаш натижасида мавжуд ихтисосликларни янгилаш таклифи долзарблиги туфайли бугунги куннинг энг кутилган мавзусига айланмоқда. Зеро, илм-фанда тўхтаб қолмаслик, фан-техника ривожини билан ҳамқадам фаолият олиб бориш муҳимдир!

Фурсатдан фойдаланиб, журнал жамоаси Авезова Нилуфар Раббанақуловнага ҳамда унинг сафдошларига соғлиқ, оилавий бахт, илмий ва педагогик ишларида муваффақиятлар тилаб қолади!

ИСПОЛЬЗУЙТЕ БЕЗУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



БЕРЕГИТЕ ПРИРОДУ



Индекс 1070

БУДУЩЕЕ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**ГОДОВОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

