



КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

VRM.GROUP
VRMASTER

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8-9 декабря 2022 г.)

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)

Материалы конференции

Казань
2023

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:

д-р техн. наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В. Г. Макаров
канд. техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В. В. Максимов

П75 **Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8–9 декабря 2022 г.) / редколлегия : Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань : КГЭУ, 2023. – 1040 с.**

ISBN 978-5-89873-624-8

Опубликованы материалы VIII Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.

2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.

3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.

4. Актуальные вопросы инженерного образования.

5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.

6. Светотехника.

7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.

8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и подстанций.

9. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для обучающихся энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-624-8

© КГЭУ, 2023

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Шайхуллин Урал Рудикович¹, Зарипова Римма Солтановна²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹2002ural@mail.ru

В статье приводится методика определения наиболее выгодного варианта трассировки тепловой сети. Выявлены критерии оптимальности, отражающие конструктивные, эксплуатационные, экономические и другие факторы, влияющие на работу систем теплоснабжения. Описывается функционал информационной системы для расчёта оптимального маршрута трубопроводной трассы.

Ключевые слова: программное обеспечение, управление, теплоснабжение, энергосбережение, тепловая сеть, многокритериальная оптимизация.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY AND INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATING THE OPTIMUM ROUTE FOR THE PIPE NETWORK OF A HEAT SUPPLY SYSTEM

Shaikhullin Ural Rudikovich¹, Zaripova Rimma Soltanovna²
^{1,2}Kazan state power engineering university, Kazan
¹2002ural@mail.ru

The article provides a method for determining the most advantageous option for tracing the heat network. Optimality criteria reflecting constructive, operational, economic and other factors affecting the operation of heat supply systems are identified. The functional of the information system for calculating the optimal route.

Keywords: information system, management, heat supply, energy saving, heating network, multi-criteria optimization.

К числу основных проблем тепловых сетей относятся: плохое состояние систем теплоснабжения, высокий износ теплосетей, невысокая надежность функционирования, большие энергетические потери, загрязняющее воздействие на окружающую среду; потребность в больших инвестициях для надежного функционирования, разобщенность объектов и систем теплоснабжения. В связи с этим для развития тепловых сетей необходимо основательно подходить к строительству новых и реконструкции действующих систем теплоснабжения [1].

Решение такой проблемы, как беспорядочное развитие систем теплоснабжения и повышение их эффективности, является важной задачей энергетического комплекса и напрямую связано с автоматизацией рассматриваемых систем. Основной проблемой при этом является перевод существующей информации в электронную форму и её последующее применение современными информационными системами [2]. На сегодняшний день нет единого решения задачи управления энергетическими системами городов. Каждая крупная энерговырабатывающая отрасль применяет свои разработки в решении задачи автоматизации своих объектов, что затрудняет их использование в смежных отраслях. Применяя эти подходы к системам теплоснабжения, можно добиться уменьшения затрат при строительстве новых или реконструкции существующих систем. Одним из основных вопросов при этом является выбор наиболее оптимального маршрута трубопроводной магистрали между источником и абонентом тепловой сети [3].

При проектировании тепловой сети можно столкнуться с проблемой трудоемкости расчета, так как чем больше подключаемых потребителей, тем разветвлённее должна быть тепловая сеть. Эту проблему можно решить путём их автоматизации различными программно-вычислительными системами, которые позволят сократить временные и трудовые затраты при проектировании сети. В этом случае необходимо разработать методику расчёта оптимального маршрута трубопроводной трассы системы теплоснабжения и реализовать её в виде программы. Данную задачу можно решить с помощью методов системного анализа [4]. Для этого необходимо определиться с критериями, относительно которых будет проводиться оптимизация, и подобрать для них методы анализа.

В условиях неизвестности исходных данных на первоначальном этапе проектирования за критерии оптимальности необходимо брать укрупнённые характеристики, которые описывают особенности проектируемой системы. В настоящее время можно выделить такие характеристики, как время строительства, тепловые потери, надёжность, металлоёмкость и оборот теплоты, а также в качестве дополнительной характеристики можно применить дисперсию температуры у абонента. Основным недостатком в данном методе оптимизации является человеческий фактор: ошибочный выбор экспертами веса критериев, что может привести к неправильному решению. Этого можно избежать путём применения метода, ограничивающего заведомо невыгодные варианты трассировки [5]. Смысл этого метода состоит в последовательном рассмотрении пар трасси-

ровок. Если все параметры оптимизации в одном из двух вариантов содержат величины, строго большие соответствующих величин во втором варианте, то первую строку можно исключить из поиска оптимальных вариантов. Для реализации метода определения наиболее выгодного варианта трассировки тепловой сети необходимо разработать информационную систему для расчёта оптимального маршрута трубопроводной трассы. Её использование позволит сократить временные и трудовые затраты при проектировании.

Реализация информационной системы осуществляется на высокоуровневом объектно-ориентированном языке программирования Python. Разработанная программа дает возможность рассчитать наиболее оптимальный вариант трассировки с учётом укрупнённых критериев материало-ёмкости, надёжности, тепловых потерь времени строительства и равномерности распределения температуры у потребителя. На первом этапе расчёта необходимо выбрать метод и критерии оптимизации. Далее необходимо ввести исходные данные для расчёта, после чего выполнятся проверка корректности введённой информации, и программа проводит расчёт. Затем вводятся данные по второй схеме и так далее для всех рассматриваемых вариантов трассировки. При выборе метода оптимизации с экспертными оценками на следующем этапе задаются значения каждого критерия и затем выводится информация, содержащая рассчитанные критерии, наиболее выгодный вариант трассировки и диаграмма для каждой схемы теплоснабжения.

Разработанная информационная система дает возможность получить не только графическое представление результатов расчёта оптимального маршрута, но и табличное представление, что упрощает анализ полученных данных [6]. Кроме того имеется возможность расчета оптимального маршрута с использованием метода экспертных оценок, а также методом исключения заведомо невыгодных вариантов в независимости друг от друга. Всё это позволяет существенно уменьшить трудоёмкость и время выбора оптимального варианта трубопроводной магистрали при проектировании систем теплоснабжения.

Источники

1. Лобода А.В., Чуйкина А.А. О согласовательном проектировании систем теплоснабжения на основе системного анализа // Российский журнал строительства и архитектуры. 2020. № 3. С. 35–45.

2. Галеев С.Р., Зарипова Р.С. Информационно-измерительная система технологического контроля параметров центрального теплового пункта / Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: матер. IV Рос. молодежной науч. школы-конференции. В 2 т. Томск, 2016. С. 328–329.

3. Solving the Multi-criteria Optimization Problem of Heat Energy Transport / V. Melkumov [et al.] // Proc. of International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2019. Vol. 1258. Pp. 3–10.

4. Мелькумов В.Н., Кузнецов И.С., Кобелев В.Н. Выбор математической модели трасс тепловых сетей // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 2. С. 31–36.

5. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Разработка информационной системы контроля параметров системы отопления // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. Кемерово, 2018. С. 335.1–335.3.

6. Реброва О.В., Зарипова Р.С. Цифровизация сферы ЖКХ // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 285–287.

СОДЕРЖАНИЕ

Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

<i>Куаку В.А., Малёв Н.А., Осынбасар Д.Б.</i> Определение суммарной погрешности системы активного управляющего контроля размеров	3
<i>Куаку В.А., Малёв Н.А.</i> Анализ причин появления погрешностей систем активного управляющего контроля размеров	6
<i>Андреева А.Р., Сафаров И.М., Шарафиева А.И., Сафин М.А.</i> Цифровая энергетика и система автоматического управления цифровой энергией в Республике Татарстан	9
<i>Баязитов Х.М., Малёв Н.А.</i> Устройство многоканальной сигнализации температуры	12
<i>Баязитов Х.М., Малёв Н.А., Сулейменов С.Н.</i> Исследование приборного электропривода системы регулирования температуры сушильной камеры с релейным управлением	16
<i>Булатов М.М., Малев Н.А., Искаков А.Ж.</i> Основные соотношения для измерительных мостов переменного тока	20
<i>Вакорина Д.В., Давыдов В.В., Степаненков Г.В., Резников Б.К.</i> Разработка методики контроля состояния летучих углеводородных сред с использованием метода рефракции	23
<i>Васильев Н.С., Кашаев Р.С.</i> Автоматизация процесса анализа нефти на базе релаксометра ПМР-NP2 и промышленного робота «КУКАKR 3 R540»	26
<i>Виноградов Г.Н.</i> Разработка установки для переработки пластиковых бутылок.....	29
<i>Галиуллина Э.Р., Козелков О.В.</i> Программно-аппаратный комплекс контроля загрязнения воздуха на асфальтобетонном заводе	31
<i>Гусейнов Т.К.</i> О возможности использования вибрационно-частотных датчиков плотности в качестве индикатора загрязнения жидких сред	33
<i>Давыдов В.В., Проводин Д.С., Давыдов Р.В., Дудкин В.И., Логунов С.Э.</i> Ядерно-магнитный расходомер-релаксометр для контроля расхода и состава горюче-смазочных смесей с высокой вязкостью	36
<i>Дроздова А.Д., Смирнова С.В.</i> Электрическая принципиальная схема канала управления мобильной снегоплавильной установки.....	40

<i>Хайбуллин Ф.Г., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация главного электропривода фрезерного станка 6В11	275
<i>Халфина Г.И., Найдышева А.А.</i> Методика расчета электротехнического комплекса нефтяного куста.....	278
<i>Ханов Ф.Р., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация электропривода токарно-винторезного станка 1А62.....	281
<i>Цатурян Э.Б., Мухаметгалеев Т.Х., Толмачева А.В.</i> Модернизация электропривода бетоносмесителя СБ-93	284
<i>Цветкова А.А., Цветков А.Н.</i> Автоматизация в системе вентиляции в зависимости от влажности помещения	287
<i>Чилыева М.Р., Малёв Н.А.</i> Определение допустимого диапазона изменения параметров следящего вентиляционного электропривода	292
<i>Шайхлисламов И.Р., Корнилов В.Ю.</i> Методы динамического моделирования нагружающих электромеханических модулей исследовательских стендов электроприводов нефтедобывающих скважин в среде Simintech.....	295
<i>Шайхутдинов М.М., Мухаметгалеев Т.Х., Львова Т.Н.</i> Разработка квадрокоптера из отечественных комплектующих	300
<i>Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В.</i> Разработка принципиальной электрической схемы канала обработки информации, полученной с пьезогенератора ГЭУ	303
<i>Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В.</i> Разработка принципиальной электрической схемы канала инвертирования сигнала, полученного с пьезогенератора ГЭУ	308
<i>Шакиров А.А., Козелков О.В.</i> Сравнение приборов и методов неразрушающего контроля плотности асфальтобетонного полотна	311
<i>Шумихина О.А., Грачева Е.И.</i> Потери электроэнергии в трёхпроводных распределительных электрических сетях 6–10 кВ	314

Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

<i>Агзамова А.Т., Козлова Е.А., Саитов С.Р.</i> Определение эффективности внедрения системы «Умный дом».....	317
<i>Акберова Г.И., Зиганшин М.Г.</i> Выбор способов модернизации теплоснабжения учебного корпуса и финансирование	320

<i>Алемасов Е.П.</i> Имитационное моделирование как инструмент повышения эффективности управления жилищно-коммунальным транспортом	323
<i>Амирова А.И., Вилданов Р.Р., Шайхутдинов К.Л.</i> Экологические особенности АЭС	326
<i>Амирова А.И., Саитов С.Р.</i> Энергосбережение в ЖКХ	329
<i>Андреянов Д.А., Разакова Р.И.</i> Хранение водорода на ТЭЦ.....	332
<i>Бабииков О.Е., Чичирова Н.Д.</i> Прямоточная регенерации ионообменных фильтров	336
<i>Валиуллина Е.С., Зиганишин М.Г.</i> Моделирование топки котла ТП-14А для нахождения оптимальных способов снижения вредных выбросов ...	339
<i>Варганова А.М., Закиров Р.Н.</i> Проектирование горизонтальной и вертикальной разводки системы отопления в МКД.....	343
<i>Галиева А.Р., Баторшин Т.Р., Сафаров И.М.</i> Беспроводные технологии в системах автоматизации жилых помещений.....	347
<i>Година П.В., Закиров Р.Н.</i> Способы аккумулирования и транспортировки водорода.....	350
<i>Гущина Н.В., Саитов С.Р.</i> Повышение посещаемости сайтов управляющей компании собственниками жилья.....	353
<i>Долгова А.Н., Чурилов К.Е.</i> Автоматизированные системы управления в котельном оборудовании	356
<i>Леонов С.В., Жгута В.А., Сладков М.</i> Системы интеллектуального управления комплексом электростатических фильтров	359
<i>Зайнутдинова Д.А., Аминова Е.Д.</i> Разработка малошумной сушилки, основанной на пульсирующем оживленном слое	363
<i>Иксанова О.Е.</i> Современные методы осветления воды	367
<i>Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А.</i> Рекуперация отработанного тепла полимерных топливных элементов	370
<i>Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А.</i> Использование топливных элементов для повышения эффективности ТЭС	373
<i>Карачурин Б.Р., Сидоров М.В., Саитов С.Р.</i> Метод анализа данных для прогнозирования пиковых часов	375
<i>Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г.</i> О потенциале энергосберегающих зданий и энергоэффективных технологий в строительстве.....	379
<i>Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Большин Р.Г.</i> Организация рабочего места оператора ЭВМ в полевых условиях на объектах ЖКХ.....	384

<i>Коньжов К.В., Минибаев А.И.</i> Описание и принцип работы теплового пункта	387
<i>Курочкин И.С., Акбиров Р.И.</i> Нерациональное использование попутного нефтяного газа как основная проблема нефтеподготовительных объектов.....	390
<i>Кутилина К.А., Власов С.М.</i> Фильтрация воды в ЖКХ	392
<i>Мавлеев Р.Р., Сафаров И.М.</i> Добавление новейших технологий анализа и оповещений в действующую MES систему	395
<i>Макуева Д.А., Разакова Р.И.</i> Анализ современного положения и перспектив развития водородных заправочных станций	399
<i>Минниахметов А.М., Сафаров И.М., Сафин М.А.</i> Применение искусственного интеллекта в строительстве	402
<i>Сидоров М.В., Карачурин Б.Р., Саитов С.Р.</i> Проблема сбора и обработки больших данных на примере пиковых часов АО «АТС»	405
<i>Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С.</i> Разработка и использование телеграм-ботов в образовательном процессе	408
<i>Мадина Ф.Н., Гузель Р.М.</i> Гибридные мини-ТЭС на биомассе и солнечной энергии для энергоснабжения изолированных потребителей	411
<i>Сатаров А.С., Саитов С.Р.</i> Обзор зарубежных экзотических систем ентилирования помещений	416
<i>Сафаров И.М., Камалов Д.Р., Аскарлов А.Р., Сафин М.А.</i> Перспективы развития электроэнергетики на основе технологии Smart Grid	419
<i>Сергеева А.В., Власова А.Ю.</i> Твердые отложения на внутренней поверхности трубок водогрейных котлов	422
<i>Софронова Т.М., Ахметьянова Г.И., Закиров Р.Н.</i> Способы получения водорода в системах децентрализованного электро- и теплоснабжения.....	426
<i>Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Туманов Ю.А.</i> К вопросу повышения эффективности работы ТЭЦ.....	429
<i>Ковалев В.Г., Афанасьев В.В., Тарасов В.А.</i> Возможности электрошлаковой газификации твердых топлив.....	434
<i>Тарасова М.В., Закиров Р.Н.</i> Топливные элементы для генерации электрической энергии на промышленном предприятии	438
<i>Усманов Р.Р., Закиров Р.Н.</i> Системы энергоснабжения зданий с использованием топливных элементов.....	442
<i>Федулов В.С., Евгеньев И.В.</i> Повышение экономичности теплофикационных паровых турбин	445

<i>Филимонов А.А., Камалиева Р.Ф.</i> Использование наземных роботов для контроля безаварийной работы АЭС	448
<i>Хабибуллина Э.Т., Саитов С.Р.</i> Обеспечение прозрачности начисления платежей за услуги ЖКХ.....	450
<i>Хуснутдинова А.Р., Зиганшин М.Г.</i> Цифровое информационное моделирование зданий на основе по Revit и Renga.....	453
<i>Чиркова Д.М., Валиуллина Д.М.</i> Цифровая подстанция	456
<i>Шайхуллин У.Р., Зарипова Р.С.</i> Разработка методики и информационной системы расчета оптимального маршрута трубопроводной сети системы теплоснабжения	459
<i>Шайхутдинов Я.О., Власов С.М., Марзоева И.В.</i> Пути повышения эффективности использования бассейна выдержки АЭС на основе зарубежных и отечественных разработок.....	463

Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

<i>Ахтямова А.А., Завада Г.В.</i> Инженерного образования режим дня студента как средство адаптации первокурсника к обучению в вузе	466
<i>Барковская М.М., Гладковский В.И., Савчук О.Ф.</i> Формирование инженерного мышления у студентов на примере решения комплексных задач по физике.....	470
<i>Будникова И.К.</i> Самостоятельная работа обучающихся в условиях цифровой трансформации образования	473
<i>Будникова И.К.</i> Информационные технологии при изучении дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика».....	477
<i>Валеев А.И.</i> Методы преподавания профильных дисциплин в высших учебных заведениях инженерного образования	481
<i>Ворсин Н.Н., Величко Л.А., Кушнер Т.Л.</i> Методика лабораторной работы «Изучение термоэлектрических явлений».....	484
<i>Гайнутдинова Д.Ф.</i> Инварианты компетенций инженера	487
<i>Гильмутдинова З.А., Слесаренко З.Р.</i> К вопросу о буллинге в молодежной среде (на примере студентов первого курса КГЭУ).....	490
<i>Гладковский В.И., Пинчук А.И., Кушнер Т.Л.</i> Рейтинговая оценка знаний и компетенций обучающихся по физике как фактор повышения качества инженерного образования	494
<i>Зайцева М.В., Слесаренко З.Р.</i> Технофобия в современном мире	497

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)

Материалы конференции

Подписано в печать 19.04.2023.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 60,45. Уч.-изд. л. 43,44.
Заказ № 471/эл.

Центр публикационной активности КГЭУ.
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

ISBN 978-5-89873-624-8



9 785898 735937