

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Д. В. Корпусов¹, А. А. Балашов¹, А. П. Королев²

*Кафедры: «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» (1);
«Материалы и технология» (2), teplotehnika@mail.tstu.ru;
ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: вероятность безотказной работы; коэффициент готовности; надежность; система поддержки принятия решений; тепловые камеры; тепловые сети; теплоснабжение.

Аннотация: Проанализированы современные методы повышения надежности системы теплоснабжения. Рассмотрена система поддержки принятия решений в условиях работы тепловой сети на отдельном магистральном участке системы теплоснабжения. Определены показатели надежности теплоснабжения потребителя до использования системы поддержки принятия решения и после ее внедрения. В результате применения системы поддержки принятия решения в условиях работы тепловой сети рассчитаны вероятность безотказной работы и коэффициент готовности на магистральном участке системы теплоснабжения.

Введение

В своде правил СП 124.13330 «Тепловые сети» под надежностью понимают способность обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения, которые определяют по трем критериям: вероятности безотказной работы (ВБР), коэффициентам готовности и живучести [1]. Основные мероприятия по повышению надежности системы теплоснабжения закладываются на этапе проектной работы, так как в эксплуатируемой тепловой сети (ТС) повысить надежность системы достаточно проблематично.

На сегодняшний день существуют много мероприятий по повышению надежности ТС, а именно: автоматизация источников теплоты, резервирование элементов системы теплоснабжения, создание автоматизированной диспетчерской службы, дистанционный контроль трубопроводов, создание на трубопроводах защитных покрытий, применение пластиковых трубопроводов, внедрение гидропрочной теплоизоляции трубопроводов, защита от электрокоррозии, отказ от солевых реагентов в городах, деаэрация теплоносителя, обеспечение водно-химического режима, обеспечение стабильного гидравлического режима, а также установка компенсаторов линзового типа.

Современные методы расчета и повышения надежности тепловой сети

Исследователями Томского политехнического университета предложен метод оценки надежности ТС на основе определения ВБР, учитывающий продолжительность срока эксплуатации задвижек. Результаты данной работы свидетельст-

вуют о существенном влиянии интенсивности отказов задвижек на надежность ТС на всей продолжительности эксплуатации запорно-регулирующей арматуры (ЗРА). За каждые пять лет значение ВБР уменьшается примерно в 2 раза, что значительно снижает надежность всей ТС [2]. В работе рассматривались только задвижки, параметры отказов других элементов ТС не учитывались. Вероятность влияния на ВБР возможных утечек в тепловых камерах (ТК) (кроме повреждений ЗРА) и интенсивности восстановления других элементов ТС не оценена.

Исследователями Сибирского федерального университета предложен алгоритм для реализации принципа повышения надежности сетей централизованного теплоснабжения посредством разработки системной модели ТС. При использовании метода получен график оптимальной замены трубопроводов для рассматриваемого участка в течение последующих 30 лет. Показано, что предложенный комплексный метод качественной и количественной оценки работоспособности сетей централизованного теплоснабжения позволяет выявлять показатель ВБР, который может быть выше нормативного для всего промежутка времени. Установлено, что оптимальные сроки замены отдельных участков ТС обусловлены варьированием ее входных параметров: годом прокладки трубопроводов данной системы, диаметром трубопровода и его длиной, видом прокладки трубопровода и районом расположения, и выходными параметрами – затратами на поддержание системы и ВБР [3]. Предложенный алгоритм нуждается в методических рекомендациях по использованию предлагаемого метода при разработке раздела надежности и живучести перспективных схем теплоснабжения городов и населенных пунктов.

Белорусскими исследователями предложен метод оценки параметров надежности ТС. Методом статистического моделирования получены зависимости удельной повреждаемости, времени наработки на отказ, ВБР трубопроводов ТС от срока эксплуатации, позволяющие прогнозировать их надежность на значительный период. В ходе исследования проведен расчет усредненного удельной повреждаемости для ТС, полученный по статистическим данным. Результаты по потоку отказов теплосетей указывают на недостаточный уровень их эксплуатации, что требует разработки эксплуатационными организациями планов по увеличению объемов замены ТС со сроком службы свыше 25 лет с учетом снижения прогнозируемого потока отказов до рекомендуемых значений. Высокие показатели надежности не гарантируют безаварийность работы трубопроводов ТС. В то же время параметры надежности позволяют теплоснабжающим организациям провести анализ надежности и, при необходимости, разработать и реализовать опережающие мероприятия в целях поддержания безотказной работы ТС. Высокие показатели надежности не гарантируют безаварийность работы ТС, в связи с этим необходим непрерывный учет за состоянием ее элементов.

Исследователями Казанского государственного энергетического университета предложена модернизация метода расчета интенсивности отказов теплопроводов систем децентрализованного теплоснабжения. Данный метод позволяет по заданным исходным параметрам (протяженности, диаметру, продолжительности эксплуатации трубопроводов и ЗРА и др.) рассчитать коэффициенты готовности и ВБР нерезервированных ТС. Реализация алгоритма программы во встроенной среде объектно-ориентированного программирования VBA максимально упрощает процессы обработки исходных статистических данных [4].

Оценка надежности тепловой сети проводится на основе расчетных данных ВБР в соответствии с Методическими указаниями по разработке схем теплоснабжения [5].

Основные расчетные зависимости показателей надежности тепловой сети

Вероятность безотказной работы системы теплоснабжения j -го потребителя в течение отопительного периода имеет следующий вид [1]:

$$p_j = \exp \left(- \left(\sum_f \omega_f (\tau_{от} - \tau_{j,f}) \exp \left(- \left(\frac{z_{j,f}}{z_{k,f}^p} \right) \right) \right) \right). \quad (1)$$

Параметр потока отказов участка ТС, $(\text{км} \cdot \text{ч})^{-1}$,

$$\omega_i = \lambda_i L_i, \quad (2)$$

где L_i – длина i -го участка тепловой сети, км.

Интенсивность отказов участка тепловой сети, $(\text{км} \cdot \text{ч})^{-1}$,

$$\lambda_i = \lambda_T (0,1 \cdot \tau_i^{\text{п.э}})^{\alpha_i - 1}, \quad (3)$$

где $\lambda_T = 5,7 \cdot 10^{-6} (\text{км} \cdot \text{ч})^{-1}$ – среднее значение интенсивности отказов 1 км теплопровода; $\tau_i^{\text{п.э}}$ – продолжительность эксплуатации i -го участка ТС, лет; α_i – коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации i -го участка ТС:

$$\alpha_i = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau_i^{\text{п.э}} \leq 3; \\ 1 & \text{при } 3 < \tau_i^{\text{п.э}} \leq 17; \\ \frac{\tau_i^{\text{п.э}}}{0,5 \cdot e^{20}} & \text{при } \tau_i^{\text{п.э}} > 17. \end{cases} \quad (4)$$

Среднее время до восстановления участка ТС k -го диаметра, ч,

$$z_k^p = 6 \cdot [1 + (0,5 + 0,0015 L_{C3}) d_k^{1,2}], \quad (5)$$

где L_{C3} – расстояние между секционирующими задвижками (СЗ), м; d_k – диаметр теплопровода, м.

В зависимости от диаметра теплопровода, значения расстояний L_{C3} между СЗ должно соответствовать требованиям [1]:

$$L_{C3} = \begin{cases} 1000 \text{ м,} & \text{если } d_k \leq 0,4 \text{ м;} \\ 1500 \text{ м,} & \text{если } 0,4 > d_k < 0,6 \text{ м;} \\ 3000 \text{ м,} & \text{если } 0,6 \geq d_k < 0,9 \text{ м;} \\ 5000 \text{ м,} & \text{если } d_k \geq 0,9 \text{ м.} \end{cases}$$

Время снижения температуры воздуха в здании j -го потребителя до минимально допустимого значения определяется при отказах элементов ТС в периоды действия температур наружного воздуха, равных и ниже расчетной, ч,

$$z_{j,f} = \beta_j \ln \left(\frac{t_j^B - t_{j,f}^H - \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{BP}} - t^{\text{HP}})}{t_{j,\text{min}}^B - t_{j,f}^H - \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{BP}} - t^{\text{HP}})} \right), \quad (6)$$

где β_j – коэффициент тепловой аккумуляции здания, ч; t_j^B – температура воздуха в здании j -го потребителя, °C; $t_{j,\text{min}}^B$, t_j^{BP} – минимально допустимая и расчетная

температуры воздуха в здании j -го потребителя соответственно, °С; $\bar{q}_{j,f} = q_{j,f} / q_{j,o}$ – относительная подача теплоты j -му потребителю при отказе f -го элемента ТС, отн. ед.; $q_{j,o}$ – расчетная подача теплоты j -му потребителю при $t^{нр}$ (наружная расчетная температура в зависимости от региона, °С), Гкал/ч; $q_{j,f}$ – подача теплоты j -му потребителю при отказе f -го элемента ТС, Гкал/ч,

$$q_{j,f} = g_{j,f} (t_{1p} - t_{2p}) \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где $g_{j,f}$ – расход теплоносителя j -м потребителем при отказе f -го элемента ТС, т/ч; t_{1p} и t_{2p} – расчетные температуры сетевой воды, °С.

Коэффициент готовности системы к теплоснабжению j -го потребителя

$$K_j = p_0 + \sum_{f \neq j} p_f \frac{\tau_{от} - \tau_{н,j,f}}{\tau_{от}}, \quad (8)$$

где p_0 – стационарная вероятность рабочего состояния сети; p_f – вероятность состояния сети, соответствующая отказу f -го элемента; $\tau_{от}$ – продолжительность отопительного периода, ч; $\tau_{н,j,f}$ – продолжительность действия температур наружного воздуха, ч.

Расчет надежности ТС представлен на примере расчетных значений ВБР теплопровода, который начинается от Тамбовской ТЭЦ и заканчивается потребителем по адресу: ул. Колхозная, д. 1А, корп. 5. Теплопровод состоит из 44 участков (рис. 1).

На рис. 2 представлены результаты расчетов ВБР теплопровода относительно ТК, входящих в его состав без проведения мероприятий по реконструкции участков тепловой сети.

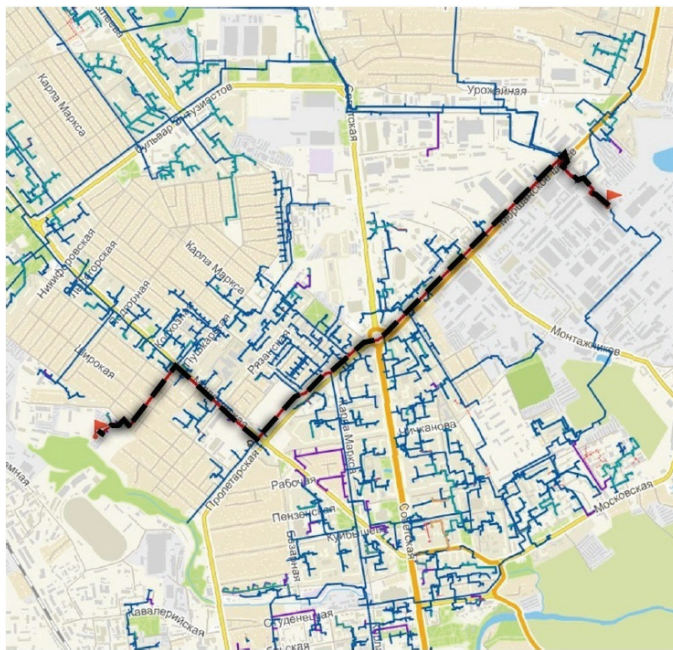


Рис. 1. Трассировка теплопровода от Тамбовской ТЭЦ до конечного потребителя

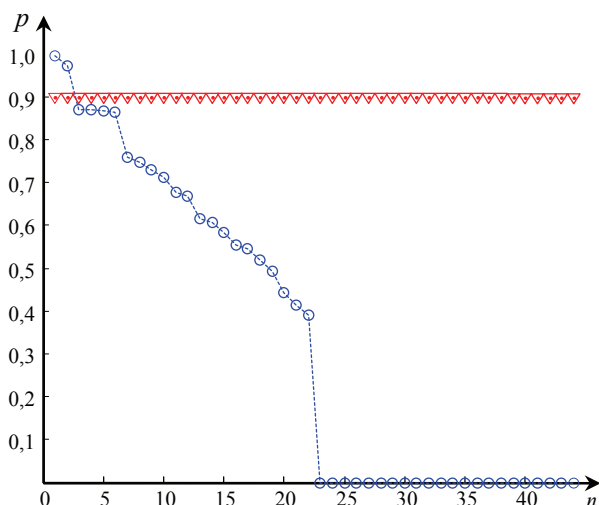


Рис. 2. Вероятность безотказной работы относительно номеров участка (n) без проведения мероприятий по реконструкции участков тепловой сети

В качестве мероприятия по увеличению надежности системы теплоснабжения от источника тепловой энергии до конкретного потребителя предлагается установить диспетчерский контроль с использованием системы поддержки принятия решений с установленными датчиками в тепловых камерах.

Система поддержки принятия решений для контроля утечек в тепловых камерах

Система поддержки принятия решений (СППР) для контроля утечек в ТК представляет собой непрерывно функционирующий программный комплекс совместно с системой диспетчерского контроля (рис. 3). Данная система позволит в оперативном режиме выявлять утечки теплоносителя в ТК и своевременно их устранять, тем самым повысит надежность теплоснабжения. Схема системы представлена для каждой ТК на всем участке тепловой сети.

В тепловой камере располагаются следующие ключевые компоненты системы: датчики температуры, влажности и уровня; контроллер; передатчик.

Датчик температуры [6 – 8] основан на структуре «металл – диэлектрик – полупроводник» (рис. 4). Датчик сформирован на кремниевой подложке n-типа (легированной донорной примесью). В основе принципа работы полупроводникового преобразователя лежит термогенерация носителей заряда – рост концентрации свободных электронов между истоком и стоком с увеличением температуры.

Для датчика температуры разработана модель, описывающая выходную характеристику – зависимость тока стока I_D от температуры:

$$I_D = \frac{Z}{L} V_{SD} \mu_n \left[\left[-V_G + \left(V_D + \frac{2kT}{e} \ln \frac{N_D}{\frac{3}{BT^2} \exp\left(-\frac{E_G(0)}{2kT}\right)} \right) \right] \frac{\epsilon_0 \epsilon_i}{d} \right],$$

здесь I_D – ток стока; Z, L – ширина и длина канала преобразователя соответственно; L – длина канала; V_{SD} – напряжение между истоком и стоком; μ_n – подвижность

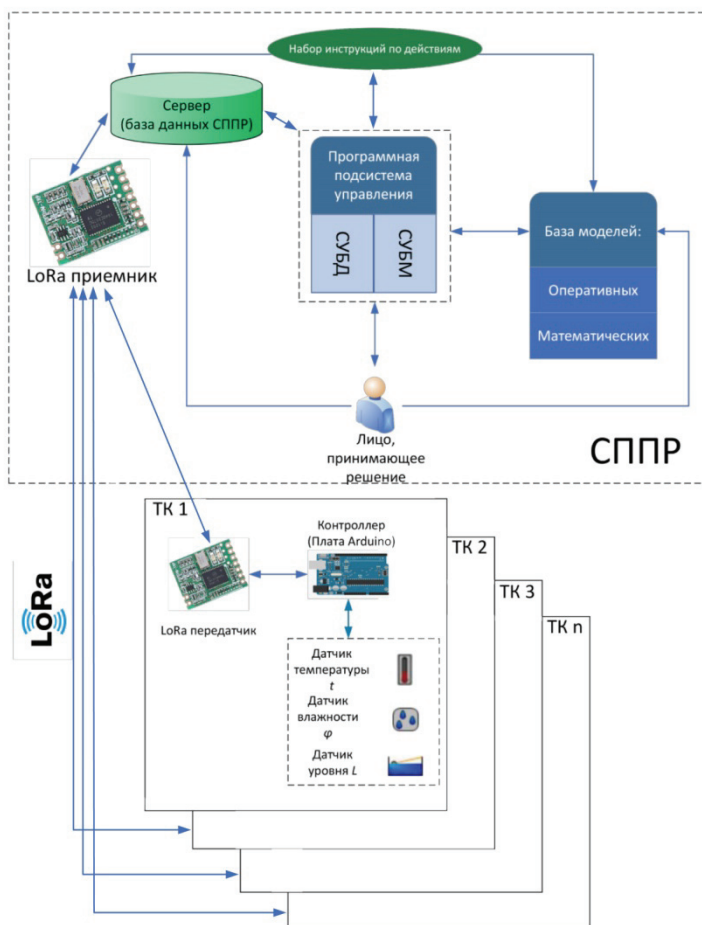


Рис. 3. Программно-техническая реализация контроля утечек в тепловых камерах на основе СПДР

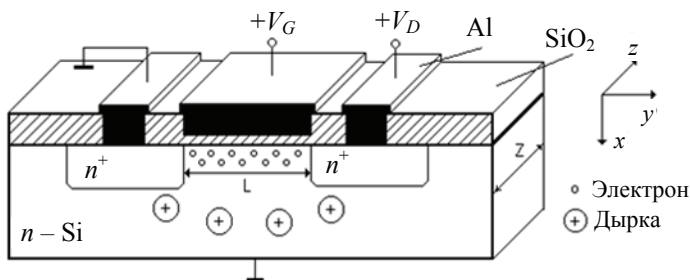


Рис. 4. Датчик температуры:

V_G – напряжение на затворе; V_D – напряжение на стоке; Al – алюминиевые контакты; SiO_2 – оксид кремния; L, Z – длина и ширина канала соответственно; n – тип проводимости (электронный)

основных носителей заряда электронов; V_G, V_D – напряжения на затворе и стоке соответственно; k – постоянная Больцмана; T – температура, К; e – заряд электрона; N_D – концентрация донорных атомов; $B = 3,873 \cdot 10^{16} \text{ К}^{-3/2} \text{ см}^{-3}$ – экспериментальный поправочный коэффициент для практической температурной

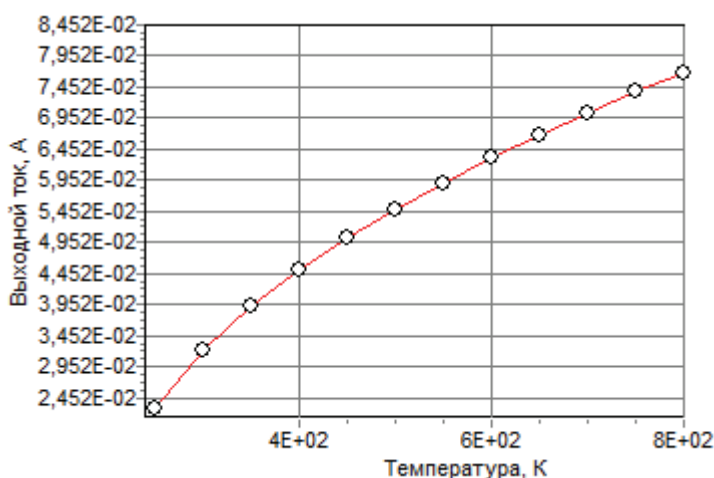


Рис. 5. Зависимость тока стока I_D от температуры

зависимости концентрации собственных носителей заряда [9]; ϵ_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость; ϵ_i – относительная диэлектрическая проницаемость подзатворного диэлектрика; d – толщина подзатворного диэлектрика; $E_G(0) = 1,17$ эВ – ширина запрещенной зоны полупроводника, экстраполированная к $T = 0$ К.

Выходная характеристика датчика температуры представлена на рис. 5.

Используемый в тепловой камере датчик температуры потребляет малое значение энергии – напряжение питания преобразователя составляет $V_D = 0,2 - 0,25$ В.

Элементы СППР – приемник; сервер (база данных); программная подсистема управления (система управления базами данных (СУБД) и система управления базами моделей (СУБМ)); база моделей (оперативных и математических); лицо, принимающее решение; набор инструкций по действиям [10]. Работа предложенной системы контроля утечек тепловых камер осуществляется следующим образом. Датчики (температуры, влажности, уровня) по команде от контроллера проводят замер параметров, затем передают их обратно. LoRa-передатчик сообщает значения параметров по беспроводным каналам LoRa, полученные от датчиков, непосредственно на сервер через LoRa-приемник.

База данных является ядром СППР. Она предназначена для хранения данных в реальном времени, а также нормативно-справочной информации, базы знаний в формате, необходимом для работы СППР. Набор инструкций по действиям лица, принимающего решение (диспетчера), в различных нештатных ситуациях представлен в зависимости от текущего режима работы тепловой сети. В инструкциях учитываются знания обо всех возможных режимах работы тепловой сети на данный момент и предыдущий опыт действий персонала в аналогичных ситуациях [10].

Расчет вероятности безотказного теплоснабжения на основе реализации СППР

Система поддержки принятия решений для непрерывного контроля утечек в ТК, включающая в себя программно-технический комплекс [10], позволит значительно повысить показатели надежности, такие как вероятность безотказного теплоснабжения в течение отопительного периода и время восстановления теплопровода ТС и ЗРА. Среднее время восстановления i -го участка теплопровода

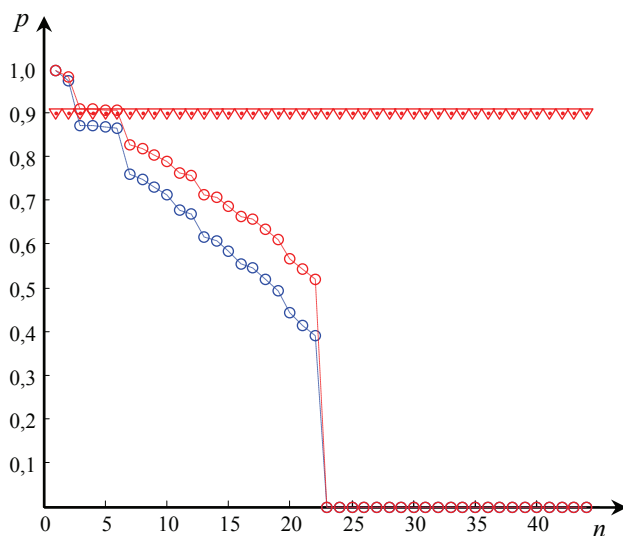


Рис. 6. Вероятность безотказной работы теплоснабжения от Тамбовской ТЭЦ до конечного потребителя с использованием СППР

уменьшается минимум в два раза, а надежность работы ТС увеличивается в результате работы СППР.

На рисунке 6 представлены результаты расчетов вероятности безотказного теплоснабжения в течение отопительного периода с использованием СППР для контроля утечек в тепловых камерах, которые демонстрируют увеличение показателей ВБР относительно расчетов ТС без использования предложенной системы.

Заключение

Результаты расчета показывают, что ВБР теплоснабжения данного присоединенного потребителя ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (нормативная ВБР тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение ВБР до значения ниже нормативного происходит из-за значительного срока эксплуатации некоторых наиболее протяженных участков тепловой сети. Вероятность отказа с увеличением времени наблюдения будет значительно возрастать.

Для повышения надежности системы теплоснабжения возможны два направления: реконструкция участков ТС или резервирование участков ТС, имеющих наименьшую надежность.

Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения с использованием метода СППР свидетельствуют о ее повышении (более 10 %, в зависимости от характеристик теплопроводов и продолжительности эксплуатации), что говорит об увеличении надежности тепловой сети в целом. Использование системы поддержки принятия решений для контроля микроклимата тепловых камер также позволит сократить время на реконструкцию ТС.

Список литературы

1. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. – Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 ; введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 74 с.
2. Савченко, А. В. Оценка надежности тепловой сети / А. В. Савченко, Е. В. Кравченко // Теплофизические основы энергетических технологий : сб. науч.

тр. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 10 – 12 октября 2013 г., Томск. – Томск, 2013. – С. 179 – 182.

3. Колосов, М. В. Определение оптимального срока замены трубопроводов / М. В. Колосов, Ю. Л. Липовка // Надежность и безопасность энергетики. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 174 – 179. doi: 10.24223/1999-5555-2021-14-4-174-179

4. Кириллова, Н. А. Модернизация метода расчета интенсивности отказов теплопроводов систем децентрализованного теплоснабжения / Н. А. Кириллова // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018 : матер. IX Междунар. молодеж. науч.-техн. конф. (Казань, 1 – 5 октября 2018 г.): в 3 томах. – Казань, 2018. – Т. 3. – С. 271 – 272.

5. Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения // Приказ № 212 Министерства энергетики Российской Федерации от 5 марта 2019 г. – Текст электрон. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/553937025> (дата обращения: 09.01.2023).

6. Лоскутова, А. Д. Первичный измерительный преобразователь бесконтактного контроля инфракрасного излучения / А. Д. Лоскутова, А. П. Королев, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 26, №1. – С. 20 – 25. doi: 0.17277/vestnik.2020.01.pp.020-025

7. Пат. 2254559 Российская Федерация, МПК G 01 K 3/08, 7/24. Устройство для измерения разности температур / Р. М. Коробов, Ю. А. Брусенцов, А. П. Королев, А. И. Фесенко ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2003136657/28 ; заявл. 17.12.2003 ; опубл. 20.06.2005. – Бюл. №17. – 5 с.

8. Королев, А. П. Размерное квантование в подзатворном слое полевой полупроводниковой структуры / А. П. Королев, В. А. Ершов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 108 – 113. doi: 10.17277/vestnik.2016.01.pp.108-113

9. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов / С. Зи. – М. : Мир, 1984. – 455 с.

10. Корпусов, Д. В. Контроль микроклимата в тепловых камерах тепловых сетей / Д. В. Корпусов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : сб. материалов IX Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием для студентов, молодых ученых и специалистов (Тамбов, 19 октября 2022 г.). – Тамбов, 2022. – С. 65–66.

Increasing the Reliability of Heat Supply in Operation of the Heating Network

D. V. Korpusov¹, A. A. Balashov¹, A. P. Korolev²

*Departments of Energy Supply of Enterprises and Heating Engineering (1);
Materials and Technology (2), teplotehnika@mail.tstu.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: probability of failure-free operation; availability factor; reliability; decision support system; thermal cameras; heating network; heat supply.

Abstract: Modern methods for increasing the reliability of the heat supply system are analyzed. A decision support system is considered under operating conditions of a heating network on a separate main section of the heat supply system. Indicators of reliability of heat supply to the consumer were determined before using the decision support system and after its implementation. As a result of using a decision support system in the operating conditions of a heating network, the probability of failure-free operation and the availability factor in the main section of the heat supply system were calculated.

References

1. SP 124.13330.2012. *Teplovyye seti – Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 41-02-2003* [Heating network. – Updated version of SNiP 41-02-2003], Moscow: Minregion Rossii, 2012, 74 p. (In Russ.)
2. Savchenko A.V., Kravchenko Ye.V. *IV Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem* [Thermophysical foundations of energy technologies: collection of articles. scientific tr. IV All-Russian scientific-practical conf. with international participation], 10-12 October, 2013, Tomsk, 2013, pp. 179-182. (In Russ.)
3. Kolosov M.V., Lipovka Yu.L. [Determination of the optimal period for replacing pipelines], *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki* [Reliability and safety of energy], 2021, vol. 14, no. 4, pp. 174-179. doi: 10.24223/1999-5555-2021-14-4-174-179 (In Russ., abstract in Eng.)
4. Kirillova N.A. *IX Mezhdunar. mlad. nauch.-tekh. konf., in 3 vols.* [IX International young scientific-technical conf.: in 3 volumes], 1-5 October, 2018, Kazan, 2018, vol. 3, pp. 271-272. (In Russ.)
5. <https://docs.cntd.ru/document/553937025> (accessed: 09 January 2023).
6. Loskutova A.D., Korolev A.P., Chernyshov V.N. [Primary measuring transducer for non-contact monitoring of infrared radiation], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 1, pp. 20-25, doi: 0.17277/vestnik.2020.01.pp.020-025 (In Russ., abstract in Eng.)
7. Korobov R.M., Brusentsov Yu.A., Korolev A.P., Fesenko A.I. *Ustroystvo dlya izmereniya raznosti temperatur* [Device for measuring temperature differences]; Russian Federation, 2005, Pat. 2254559. (In Russ.)
8. Korolev A.P., Yershov V.A. [Dimensional quantization in the gate layer of a field semiconductor structure], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2016, vol. 22, no. 1, pp. 108-113. doi: 10.17277/vestnik.2016.01.pp.108-113 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Zi S. *Fizika poluprovodnikovyykh priborov* [Physics of semiconductor devices], Moscow: Mir, 1984, 455 p. (In Russ.)
10. Korpusev D.V. *Energosberezheniye i effektivnost' v tekhnicheskikh sistemakh: sb. materialov IX Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem dlya studentov, molodykh uchennykh i spetsialistov* [Energy saving and efficiency in technical systems: collection. materials of the IX All-Russian scientific and technical conference with international participation for students, young scientists and specialists], 19 October, 2022, Tambov, 2022, pp. 65-66. (In Russ.)

Erhöhung der Zuverlässigkeit der Wärmeversorgung beim Betrieb des Heiznetzes

Zusammenfassung: Es sind moderne Methoden zur Erhöhung der Zuverlässigkeit des Wärmeversorgungssystems analysiert. Das Entscheidungsunterstützungssystem ist unter Betriebsbedingungen des Wärmenetzes auf einem separaten Hauptabschnitt des Wärmeversorgungssystems betrachtet. Vor der Nutzung des Entscheidungsunterstützungssystems und nach seiner Implementierung sind Indikatoren für die Zuverlässigkeit der Wärmeversorgung des Verbrauchers ermittelt. Als Ergebnis des Einsatzes des Entscheidungsunterstützungssystems in den Betriebsbedingungen eines Wärmenetzes sind die Wahrscheinlichkeit des störungsfreien Betriebs und der Verfügbarkeitsfaktor im Hauptabschnitt des Wärmeversorgungssystems berechnet.

Augmentation de la fiabilité de l'approvisionnement en chaleur dans le fonctionnement du réseau thermique

Résumé: Sont analysées les méthodes modernes de l'augmentation de la fiabilité du système de chauffage. Est examiné le système d'aide à la décision dans les conditions de fonctionnement du réseau thermique sur une section principale distincte du système de chauffage. Sont déterminés les indicateurs de fiabilité de l'approvisionnement en chaleur du consommateur avant l'utilisation du système d'aide à la décision et après sa mise en œuvre. Grâce à l'utilisation du système d'aide à la décision dans les conditions de fonctionnement du réseau de chauffage, sont calculés la probabilité de disponibilité et le facteur de disponibilité sur la section principale du système de chauffage.

Авторы: *Корпусов Дмитрий Владимирович* – аспирант кафедры «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»; *Балашов Алексей Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»; *Королев Андрей Павлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.