

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Пашенцев А.И.

ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, Академия строительства и архитектуры
295493 г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: Aleksandr_Pashentsev@mail.ru

Аннотация. Обоснован методический подход к оценке идентификации надежности тепловой сети, представленного в виде блок-схемы, состоящей из десяти последовательно выполняемых этапов. Используя формулу Старджеса и уровень доверительной вероятности 0,95 установленный в зависимости от критерия тепловой нагрузки микрорайона, разработаны интервальные оценки надежности тепловой сети с представлением краткой характеристики по каждому из них.

Ключевые слова: тепловая сеть, надежность, параметр потока отказов.

ВВЕДЕНИЕ

Результативность научно-технического прогресса в строительстве, проектировании и эксплуатации сложных технических систем, процесса разработки новых материалов и конструкций, требующих проверки временем выявили наличие проблемы надежности функционирования городских тепловых сетей перманентной и острой. Необходимость сокращения сроков проектирования и экспериментальной проверки этих систем в разных условиях и режимах эксплуатации имеет важное технико-экономическое значение и связано с качественным функционированием, что обеспечивается выполнением норм, стандартов при их проектировании, строительстве и оптимизации управленческих решений в процессе эксплуатации. Городские тепловые сети являются сложными техническими системами, состоящие из значительного количества элементов (трубы разного диаметра, запорно-регулирующей арматуры), что требует определения их надежности на основе проведения специальных исследований и наличия большого объема материала статистики. Использование репрезентативной информации в расчетном процессе позволит определить показатель надежности при наличии объективной методики. Однако применяемые в настоящее время методики позволяют определить группу показателей, имеющих разные размерности, что приводит к определенным трудностям при обосновании окончательного заключения. В этой связи возникает необходимость применения методического подхода, позволяющего объективно провести идентификацию и интерпретацию полученной оценки надежности тепловой сети с учетом имеющейся базы данных об ее функционировании в периоде времени. Здесь целесообразно сделать акцент на определение интервальных оценок с обоснованием классификационных групп и идентификационных характеристик, отражающих реальное техническое состояние тепловой сети в зависимости от значений интервала.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной статьи является адаптация методического подхода к идентификации оценки надежности тепловой сети, как сложной технической системы, предназначенной для выполнения задания по обеспечению потребителей теплоносителем требуемых параметров в зависимости от температурного режима окружающей среды. Для достижения поставленной цели решены задачи: проведен анализ существующих точек зрения российских ученых относительно объекта исследования с выявлением принципиальных подходов в идентификации величины показателя надежности тепловой сети, представлена структурно-логическая блок-схема методического подхода к идентификации оценки надежности тепловой сети, проведена адаптация данного подхода с представлением интервальных оценок надежности тепловой сети с обоснованием их характеристики.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

В настоящее время в научной литературе ведется дискуссия относительно идентификации итогового показателя надежности городских систем теплоснабжения. Так российский ученый Т.П. Щепкин считает целесообразным анализировать данный показатель экспертным путем, где в обсуждении участвует не менее пяти экспертов, каждый из которых отстаивает свою точку зрения. Он отмечает «показатели надежности тепловых сетей должны отражать различные свойства системы,

прежде всего, безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность. Только в этом случае группа экспертов может принять объективное решение относительно целесообразности проведения ремонтов и технического обслуживания» [5, с. 56]. Однако согласованность точек зрения экспертов проверяется коэффициентом конкордации (не менее 0,5) при наличии 3-5 вариантов развития ситуации, что делает данный подход затруднительным в обосновании объективного решения о надежности тепловой сети. Кроме того, ученый считает необходимым анализировать показатели четырех групп, что достаточно проблематично, так как показатели, входящие в разные группы не идентичны и характеризуются разными размерностями и уровнем значимости в определении итоговой оценки надежности этих систем.

Российский ученый А.О. Чанцев считает возможным использовать показатели только одной группы – безотказности при их количестве не менее 10. Он отмечает, что «идентификация надежности тепловой сети может строиться на показателях самой весомой группы, которая отражает свойство объекта выполнять заданные функции в определенный период времени. Таковой является – безотказность, которая обладает существенным набором показателей для анализа функционирования системы» [3, с. 42]. Однако ученый не приводит примерный перечень показателей, на основании которых предлагает проводить оценку надежности тепловой сети. Кроме того, большинство из них имеют разные размерности, что крайне затрудняет получение одного обобщающего показателя для дальнейшего исследования работы тепловой сети и выработки объективного решения.

Российский ученый П.И. Шаров отстаивает точку зрения согласно, которой «эксплуатационная надежность тепловой сети – это характеристика состояния, отражающая возможность выполнять заданные функции в определенный момент времени. При этом определяющим здесь является группа показателей безотказности и долговечности» [4, с. 89]. В этом случае не раскрываются особенности анализа показателей двух групп, имеющих разную физическую сущность. Возникает необходимость конкретизации механизма анализа и принятия окончательного решения о целесообразности повышения надежности этих систем на основе фактических оценок.

Российский ученый О.Н. Юрьев рассматривает надежность тепловой сети как некоторое состояние, которое изменяется в периоде времени, что вызывает сложности в определении окончательного результата. Поэтому было предложено использовать интервальную оценку, которая в полной мере отражает изменение состояния данной системы во времени. Ученый отмечает, что «интервальная оценка наилучшим образом подходит к обоснованию окончательного результата надежности тепловой сети, так как его протяженность может компенсировать недостаток объективности» [6, с. 49]. Можно согласиться с данной точкой зрения, так как интервальная оценка эксплуатационной надежности тепловой сети, на взгляд автора, позволяет учесть неточности в расчетах, недостаток статистической информации об отказах. Однако, необходимо выработать подход к определению таких оценок, которые можно проверить на адекватность и составить развернутую характеристику каждого из них.

Российский ученый С.И. Яковлев рассматривает надежность тепловой сети с позиции определения среднего показателя на основе наличия объективной статистической базы данных. При этом он считает целесообразным в качестве показателя надежности использовать параметр потока отказов, так как тепловая сеть относится к восстанавливаемым в чем автор полностью согласен. Первоначально данный показатель предложено рассчитывать по группам конструктивных элементов: трубы в зависимости от диаметра и расхода теплоносителя, запорно-регулирующая арматура в зависимости от диаметра, с чем также можно согласиться. Затем располагая матрицей расчетных показателей определяются средние показатели параметра потока отказов отдельно по запорно-регулирующей арматуре и трубам [7, с. 34-36]. Таким образом, получаем два показателя на основании чего делается заключение о надежности тепловой сети. На наш взгляд этот подход имеет дискуссионный характер, так как средний показатель дает общее представление о надежности отдельных групп конструктивных элементов тепловой сети и полностью исключает оценку конкретного элемента. Кроме того, такой подход приводит к завышенной оценке надежности и нивелированию накопления негативного эффекта в элементах тепловой сети. В результате создается впечатление о вполне благоприятной ситуации в функционировании тепловой сети, что к сожалению может привести к принятию неверного управленческого решения относительно ее работоспособности и возникновению аварийной ситуации в наиболее напряженный момент – подачи теплоносителя в период минимально низких температур наружного воздуха.

Принимая во внимание точки зрения указанных выше ученых можно выделить два принципиальных подхода к идентификации показателя надежности тепловой сети:

- первый подход основывается на получении абсолютной оценки и исходя из ее величины делается заключение о надежности. В данном случае превалирует минимаксная точка зрения, т.е. надежность тепловой сети оценивается исключительно из соображений сопоставления полученных значений;

- второй основывается на интервальных оценках, исходя из возможности оценить надежность тепловой сети в некоторых пределах, что является объективным решением, так как это отвечает требованиям вероятностного подхода, применяемого в настоящее время в расчетах надежности сложных технических систем. Однако нужно акцентировать внимание на том, что протяженность интервальных оценок не определяется, а назначается исследователями исходя из собственного представления и накопленного опыта работы.

Как видно, присутствуют разные точки зрения ученых, отличающиеся вариативностью решения задачи относительно идентификации показателя эксплуатационной надежности тепловой сети, что позволяет автору представить собственную точку зрения по данному вопросу.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Известно, что городские тепловые сети являются сложными техническими системами как с позиции количества составляющих элементов (участки магистральных, распределительных, участковых трубопроводов разного диаметра, запорно-регулирующая арматура, контрольно-измерительная аппаратура), так и, исходя из позиции их функционирования, обслуживающих жилые, административные здания, общеобразовательные учреждения, а также производственные предприятия, находящиеся в пределах одного микрорайона. Кроме того, сложность обеспечения работы этих сетей состоит в согласованности технической составляющей (подача теплоносителя) и технологической (температура теплоносителя), которую нужно учесть при определении итогового показателя надежности тепловой сети. На взгляд автора, это позволит осуществить интегральный метод, позволяющий нивелировать негативные эффекты расчетного процесса. Однако определение показателя надежности тепловой сети целесообразно проводить с учетом некоторых особенностей:

– показатели, входящие в интегральный показатель, должны иметь одинаковую размерность, что позволяет исключить получение заведомо необъективного результата. В нашем случае обе составляющие показателя эксплуатационной надежности тепловой сети – безразмерные;

– расчет составляющих показателей эксплуатационной надежности должен осуществляться по-этапно с использованием вспомогательных, позволяющих повысить точность определения итогового результата. В нашем случае при определении технической составляющей надежности используются: протяженность участков трубопроводов, подача теплоносителя по участкам тепловой сети, параметр потока отказов, соотношение подачи i -ого участка и подачи в источнике тепловой энергии, наработка на отказ (по критерию подача теплоносителя). Определение технологической составляющей надежности предусматривает использование: температуры теплоносителя при выходе из источника тепловой энергии, температуры теплоносителя на i -ом участке тепловой сети в конкретный период времени наблюдения, наработки на отказ и поток отказов (по критерию температура теплоносителя);

– расчет технической и технологической составляющих показателей надежности тепловой сети осуществляется на основе материалов статистики, отвечающей требованиям оперативности сбора информации; первичной выборки с отбраковкой данных необъективно отражающих процесс функционирования сети; последовательность поступления информации об отказах, что исключает использование в расчетах необъективных и непроверенных данных;

– расчет технической и технологической составляющих надежности тепловой сети осуществляется по участкам тепловой сети выделение, которых соответствует принципу репрезентативности, что подразумевает выполнение требований представительности с точки зрения наличия объективной информации: подача теплоносителя, диаметр трубопровода, скорость течения теплоносителя согласно ранее проведенного гидравлического расчета, параметр потока отказа, наработка на отказ, температура теплоносителя в режиме реального времени.

Однако сложность состоит в интерпретации полученного результата от чего зависит объективность принятого решения по дальнейшей эксплуатации тепловой сети. Здесь нужно сделать акцент на решение исследователем двух задач:

1. Оценка надежности вычислений согласно используемой базы данных.
2. Обоснование методического подхода идентификации показателя надежности тепловой сети.

При решении многих задач, связанных с эксплуатацией тепловой сети, возникает необходимость оценки точности расчетного процесса. В данном случае искомые величины являются функциями нескольких аргументов. В этой связи в большинстве случаев вместо точных значений аргументов приходится использовать их приближенные значения, а именно аргументы с некоторыми погрешностями. Тогда полученное значение функции будет тоже приближенным. Для оценки надежности, значения функции необходимо знать не только числовые характеристики - математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, но и закон распределения функции, что можно осуществить используя критерии согласия для проверки гипотезы выполнения конкретного закона (рис. 1).



Рис. 1. Структурно-логическая схема проверки гипотезы подчинения функции закону

При исследовании надежности тепловых сетей крайне редко встречаются линейные функции случайных величин. Как правило это возможно при рассмотрении достаточно ограниченной выборки базы данных за короткий промежуток времени, что позволяет провести оперативную оценку ее надежности. В этом случае числовые характеристики линейных функций определяем по числовым характеристикам аргументов. Однако в реальности при необходимости получения объективной оценки надежности функционирования тепловой сети за длительный период времени, охватывающий как минимум отопительный период, исследуемая функция является нелинейной. Для решения данной задачи целесообразно пойти по пути линеаризации исследуемой функции. В большинстве случаев нелинейные функции в узком диапазоне изменения своих аргументов оказываются очень близкими к линейной, так как любая непрерывная дифференцируемая функция в достаточно узких пределах изменения своих аргументов может быть приближенно заменена линейной. Известно, что погрешности расчетного процесса распределяются по нормальному закону [1, с. 36]. Поэтому случайную погрешность исследуемой функции можно представить в виде суммы линеаризованных функций нормально распределенных погрешностей аргументов. В этом случае погрешность исследуемой функции надежности тепловой сети, представленная в виде определенного показателя (параметр потока отказов, вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ) также будет характеризоваться нормальным законом распределения. Это позволяет использовать числовые характеристики дисперсию, среднее квадратическое отклонение в качестве показателей по которым можно оценить погрешность расчетного процесса надежности тепловой сети.

$$D(Y) = \sum (\partial F / \partial X_i)^2 D(X_i); \quad (1)$$

$$\sigma^2_y = \sum (\partial F / \partial X_i)^2 \sigma^2_{xi}; \quad (2)$$

где σ_{xi} – средние квадратические отклонения (погрешности) аргументов X_1, X_2, \dots, X_n .

Структурно-логическая блок-схема методического подхода к идентификации оценки надежности тепловой сети представлена на рисунке 2, включает в себя десять последовательно выполняемых стадий каждая из которых направлена на решение определенной задачи. Реализация последующей стадии возможна только при выполнении предыдущей и достижении позитивного результата. По характеру проявления можно выделить три группы стадий:

1. Исходная группа включает в себя первую стадию – исходная база данных, которая необходима для составления матрицы данных, используемой в дальнейших расчетах надежности тепловой сети. Она представляет собой статистическо-аналитический информационный массив данных, а именно- статистический включает данные по отказам и наработке на отказ по участкам тепловой сети и аналитический – монтажная схема с представлением параметров гидравлического расчета. Эти данные в дальнейшем целесообразно использовать при определении расчетного параметра потока отказов в зависимости от протяженности участков тепловой сети.

2. Расчетная группа включает в себя вторую-девятую стадии, направленные на определение обобщающего показателя надежности тепловой сети, применяя интегральный метод. Вторая стадия акцентирует внимание на расчете потока отказов технической и технологической составляющих по участкам сети в зависимости от их протяженности. При этом под отказом тепловой сети с технической точки зрения понимаем «событие, при котором техническая система переходит в неработоспособное состояние, характеризующееся превышением негативного эффекта по одному или нескольким техническим параметрам тепловой сети» [2, с. 123]. Под отказом тепловой сети с технологической точки зрения понимаем событие, при котором температурные параметры теплоносителя ниже необходимого значения установленного температурным графиком, что приводит к нарушению нормативного температурного режима в жилых помещениях зданий.



Рис. 2. Структурно-логическая блок-схема методического подхода к идентификации оценки надежности тепловой сети

Третья и четвертая стадии предусматривают расчет корректирующего показателя потока отказов, учитывающего неравнозначность участков тепловой сети ввиду их расположения от

источника тепловой энергии, прохождении расхода теплоносителя, температуры теплоносителя, что учитывается: техническая составляющая $\lambda_{it}/\lambda_{tmax}$, технологическая составляющая $\lambda_{itx}/\lambda_{txmax}$, корректирующий показатель расхода теплоносителя $Q_i/Q_0 \rightarrow Q_j/Q_0 \rightarrow Q_n/Q_0$ (необходимо располагать данными о расходе теплоносителя от источника тепловой энергии).

Пятая стадия состоит в определении обобщающего корректирующего показателя надежности тепловой сети технической и технологической составляющей надежности, что позволит нивелировать имеющиеся негативные эффекты в самом расчетном процессе и повысить уровень точности и объективности расчета. Эта стадия позволяет непосредственно перейти к расчету обобщающего показателя надежности тепловой сети по интегральному методу.

$$I_{ин} = (H_m \cdot H_{mx})^{0,50}; \quad (3)$$

где H_t , H_{tx} – соответственно техническая и технологическая составляющая надежности тепловой сети.

Шестая стадия предусматривает определение общего количества данных, участвующих в расчете надежности тепловой сети с разбивкой по типовым группам конструктивных элементов. Для этого необходимо воспользоваться данными гидравлического расчета тепловой сети, позволяющего провести разбивку сети по группам - трубы (идентичные диаметры, расходы и материал изготовления), запорно-регулирующая арматура (идентичные диаметры, расходы и материал изготовления).

Седьмая стадия состоит в обосновании уровня доверительной вероятности в зависимости от тепловой нагрузки микрорайона, при этом, чем выше уровень доверительной вероятности, тем выше точность итогового показателя надежности тепловой сети. Нужно отметить, что величина уровня доверительной вероятности указывает на уровень значимости получения показателя надежности. Для его обоснования применительно к тепловой сети могут использоваться разные критерии. Так российский ученый А.И. Яцок считает, что определяющим показателем в установлении уровня доверительной вероятности при расчете надежности тепловой сети должна быть величина экономического ущерба, который может быть достигнут в случае аварийной ситуации [8, с. 45-48]. Однако при возникновении аварийной ситуации возникают негативные эффекты, связанные с: нарушением уровня комфортности нахождения человека в жилом помещении, нанесение ущерба окружающей среде при поступлении теплоносителя в почвогрунты, испарение теплоносителя и тепловые выбросы в атмосферный воздух, дополнительные затраты эксплуатирующего предприятия по ликвидации аварии, ущерб предприятия в связи с снижением уровня авторитета и доверия населения. Как видим при использовании экономического фактора в установлении уровня доверительной вероятности нужно решить довольно много сопутствующих задач, некоторые из них отличаются наличием методик, имеющих дискуссионный характер и, требующих совершенствования. Также российский ученый И.С. Ямбург считает целесообразным в качестве критерия установления уровня доверительной вероятности использовать количество отказов на тепловой сети за последний пятилетний цикл ее функционирования [9, с. 56-61]. Можно отметить, что данный подход отличается прагматизмом и основывается на реальных статистических данных, которые отличаются объективностью особенно после прохождения первичной выборки и рассмотрения данных исключительно, имеющих случайный характер – отказ работы тепловой сети. Однако в данном случае возможно присутствие субъективного фактора, вызванного несоответствием количества отказов на тепловой сети и площади жилого микрорайона и тепловой нагрузки, обслуживаемого данной сетью. В зависимости от принятых проектных решений, воплощенных на стадии строительства и эксплуатации, значительное количество отказов может являться результатом ошибок и недочетов, допущенных при строительстве, что негативно отражается на функционировании тепловой сети на стадии эксплуатации. В этой связи может возникнуть ситуация, когда сеть отличается значительным количеством отказов, но обслуживает незначительную площадь. Учитывая это, автор считает целесообразным использовать величину тепловой нагрузки в качестве критерия установления уровня доверительной вероятности при расчете показателя, так как увеличение тепловой нагрузки

свидетельствует о количественном увеличении зданий и их этажности, и количества людей проживающих в них.

Восьмая и девятая стадия предусматривает определение количества интервалов имеющейся базы данных о количестве отказов технической и технологической составляющих функционирования тепловой сети, что позволит провести интерпретацию результатов расчета ее надежности. Интерпретация полученных результатов осуществляется с помощью разработанной автором классификационной шкалы оценки надежности тепловой сети, представленной в виде характерных интервалов (таблица 2). Применение формулы, которая описывает функцию Старджеса, позволяет определить протяженность и количество интервалов с последующей градацией и обоснованием характеристики каждого из них. Необходимо отметить, что протяженность интервала определяется с учетом доверительной вероятности 0,95 (допускается 5% ошибочных представлений).

$$L = 1 - (1 - P)^{(1+n+m)/N}; \tag{4}$$

- где L – протяженность интервальной оценки;
- P – доверительная вероятность;
- n – количество групп показателей;
- m – количество показателей в группе;
- N – общее количество показателей за период исследования.

$$H = 1 / L; \tag{5}$$

где H – количество интервалов.

3. Третья группа – аналитическая включает в себя десятую стадию и преследует цель разработать и обосновать квалификационные интервальные оценки надежности тепловой сети с представлением краткой характеристики каждого из них. При их определении учитываем, что показатель надежности изменяется в пределах 0-1, при этом, чем ближе интервальная оценка к единице, тем более прагматично она должна характеризовать надежность тепловой сети с точки зрения ее работоспособности и безотказности.

Таблица 1.
Интерпретация интегрального показателя надежности тепловой сети

Пороговые значения интервала	Квалификация	Характеристика
1,00 – 0,950	Высокая	Безаварийная работа тепловой сети достигнута своевременным проведением технического обслуживания элементов системы, включая запорно-регулирующую арматуру, согласованность действий обслуживающего персонала, включая проведение подпитки системы с помощью насосно-силового оборудования, согласованность напорной характеристики согласно пьезометрического графика
0,949-0,900	Средняя	Тепловая сеть работает при наличии незначительного потока отказов, не приводящего к формированию негативного эффекта, выражающегося в нарушении ее работоспособности, остановки системы вследствие аварийной ситуации практически отсутствуют, поддерживается гидравлическая устойчивость, что позитивно влияет на поддержание температурного режима теплоносителя при входе в здания, подпитка объема теплоносителя осуществляется своевременно без нарушения гидравлической устойчивости
0,899-0,850	Умеренная	Параметр потока отказов способен привести к формированию негативного эффекта, что выражается в снижении работоспособности тепловой сети, нарушении температурного режима теплоносителя при входе в здания, при проведении подпитки возникают временные трудности, вызванные технической неисправностью отдельных элементов системы, возможны внештатные ситуации, вызванные снижением объема теплоносителя в системе

Продолжение табл. 1

0,849-0,800	Низкая	Характерен рост параметра потока отказов вследствие накопления усталостных характеристик отдельных элементов тепловой сети, вызванных нарушением гидравлического режима, что приводит к нарушению температурного режима теплоносителя, возможны остановки функционирования системы из-за наличия аварийных ситуаций, но в пределах нормы времени на их устранение, утечки теплоносителя вызывают падение давления в системе, что вынуждает персонал работать в экстренном режиме при проведении подпитки насосно-силовым оборудованием
-------------	--------	--

ВЫВОДЫ

Разработан методический подход к идентификации оценки надежности тепловой сети, который представлен в виде блок-схемы, включающей в себя десять последовательно выполняемых стадий. Применение математической зависимости Старджеса позволило разработать интервальные оценки надежности тепловой сети с представлением классификационных групп и интерпретационной характеристики. Его применение позволит в оперативном режиме объективно охарактеризовать техническое состояние тепловой сети.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Интервальные оценки надежности тепловой сети в дальнейшем можно использовать для совершенствования типовых мероприятий для проведения технического обслуживания и текущего ремонта с учетом выявленных неисправностей тепловой сети, отраженных в полном объеме в графике планово-предупредительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Науменко, И.И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем [Текст] / И.И. Науменко – К: Высшая школа, 2000. – 236 с.
2. Пашенцев А.И. Процессная модель исследования энергоэффективности теплоизоляционных материалов / А.И. Пашенцев, А.А. Гармидер, Л.В. Пашенцева. // Экономика строительства и природопользования. – 2019. – № 3 (72). – С. 118-124.
3. Чанцев, А.О. Исследование надежности функционирования систем теплоснабжения [Текст] / А.О. Чанцев. – Пермь: Альфа, 2012. – 196 с.
4. Шаров, П.И. Надежность объектов теплоснабжения [Текст] / П.И. Шаров. – Спб.: Свистязь, 2017. – 218 с.
5. Щепкин, П.Т. Техническое состояние инженерных систем Крыма [Текст] / П.Т. Щепкин. – Симферополь: Аида, 2012. – 193 с.
6. Юрьев, О.Н. Особенности эксплуатации систем теплоснабжения [Текст] / О.Н. Юрьев. – Казань: Итиль, 2015. – 212 с.
7. Яковлев, С.И. Сложные технические системы теплоэнергетики [Текст] / С.И. Яковлев. – Спб: Свистязь, 2019. – 182 с.
8. Яцюк, А.И. Интегральные методы оценки надежности в энергетике [Текст] / Шафоростов Б.В. – Симферополь: Азимут, 2011. – 178 с.
9. Ямбург, И.С. Надежность тепловых сетей [Текст] / И.С. Ямбург. – М.: Стройиздат, 2018. – 219 с.

IDENTIFICATION AND INTERPRETATION OF THE THERMAL NETWORK RELIABILITY ASSESSMENT

Pashentsev A.I.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Institute of Economics and Management

Annotation. A methodological approach to assessing the reliability of the thermal network is justified. It is presented in the form of a block diagram consisting of ten consecutive stages. Using the Sturges formula and the confidence probability level of 0,95 set depending on the district's thermal load criterion, interval estimates of the reliability of the heat network are developed with a brief description for each of them.

Keywords: thermal network, reliability, failure rate parameter.