

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/10TVN317.pdf>

Статья опубликована 25.05.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Фокин А.М., Киселева А.И. Определение комплексного показателя качества функционирования промышленных тепловых энергосистем // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/10TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 697.3 (045)

Фокин Алексей Михайлович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал в г. Смоленске, Россия, Смоленск¹
Старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
E-mail: fokssm@yandex.ru

Киселева Александра Игоревна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал в г. Смоленске, Россия, Смоленск
Ассистент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
E-mail: sashulka_kiseleva@mail.ru

Определение комплексного показателя качества функционирования промышленных тепловых энергосистем

Аннотация. Затрагивается проблема качества теплоснабжения, связанная с отсутствием государственного стандарта на этот вид продукции. В статье рассмотрены существующие методики оценки качества систем теплоснабжения, рассмотрены принципы и недостатки существующих методов. В результате исследования была выявлена необходимость расширения методической базы для оценки качества систем теплоснабжения. Авторами предложен комплексный показатель качества, который позволяет оценить теплоснабжение, учитывая и потребительские требования, и инженерные характеристики. В статье проведен литературный анализ согласно исследуемой тематике и на его основе была определена номенклатура показателей качества для тепловых сетей и рассчитаны их численные значения, также был определен и рассчитан базовый образец. По результатам расчетов был получен комплексный показатель качества, представленный на «доме качества». Данный формальный подход, наглядно показывает, какие показатели в системе теплоснабжения являются наиболее уязвимыми и требуют пристального внимания со стороны теплоснабжающей организации.

Разработанная методика оценки качества тепловых сетей может быть распространена на любые тепловые сети: как на паровые, так и на водяные. Данную методику также можно рекомендовать для прогнозирования развития как новых, так и существующих объектов теплоэнергетики, при модернизации или реконструкции тепловых сетей.

¹ 214013, Россия, г. Смоленск, Энергетический проезд, дом 1, кафедра «Промышленной теплоэнергетики», каб. 435

Ключевые слова: теплоснабжение; тепловые сети; качество теплоснабжения; показатели качества; комплексный показатель качества; трубопроводы; промышленные системы; теплоэлектроцентраль; дом качества; теплоноситель; надежность тепловых сетей; паропроводы; промышленная продукция; ресурсы

Качество продукции - понятие многогранное. В первую очередь качество продукции ассоциируется с комплексом ее естественных свойств, которые определяют ее полезность. Продукцией топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является топливо, электрическая и тепловая энергия. Несмотря на видимой различие энергетической продукции, вся она имеет общее полезное свойство - способность совершать работу (или превращаться в другие виды энергии) [1]. Качество тепловой энергии, в зависимости от теплоносителя может характеризоваться такими параметрами как температура, давление, энтальпия и другими. Таким образом, понятие качества идентично для всех видов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), в то время как параметры, определяющие качество, будут различны для каждого вида ресурса.

Проблема качества теплоснабжения в научно-практическом плане представляется как система взаимосвязанных вопросов, решение которых направлено на разработку и совершенствование показателей и нормативов качества энергоснабжения.

Разработка методик оценки качества теплоснабжения началась с появления первых систем централизованного теплоснабжения. Одним из первых упоминаний об определении показателей качества теплоснабжения следует считать публикацию Л.К. Якимова, где была сформулирована задача определения предельного радиуса теплофикации [2]. В тексте работы, в рамках главы «Технико-экономический расчет тепловых сетей» представлен аналитический способ определения оптимального радиуса действия тепловых сетей. Однако этот метод позволяет гарантировать эффективность теплоснабжения лишь на этапе проектирования. Прорывом в направлении исследования качества теплоснабжения явился период 1951-1957 гг., когда Е.П. Шубиным [3] был подробно рассмотрен принципиально новый показатель - оборот тепловой энергии. Каждое значение данного показателя по всей СЦТ различно и зависит от величины расчетной тепловой нагрузки потребителя и расстояния от теплоисточника до точки подключения тепловой нагрузки. Впоследствии отношение оборота тепловой нагрузки к суммарной тепловой нагрузке было переименовано в средний радиус теплоснабжения. Научным способом было доказано, что эффективность централизованного теплоснабжения не может оцениваться в целом по СЦТ, эффективность СЦТ носит территориальный характер и в зависимости от комплекса факторов может принимать различные значения.

Зачастую понятие «качества» отождествляется с температурой теплоносителя подающего трубопровода теплосети. Хотя, качество температурного режима помещения обеспечивается не температурой теплоносителя подающего трубопровода, а количеством поставляемого тепла и рациональным использованием этого тепла внутри помещения, а также перерывами в предоставлении теплоносителя. Однако этот метод не является точным, так как при оценке качества со стороны только термодинамических параметров не контролируется главное требование к системе теплоснабжения - надежность и бесперебойность теплоснабжения.

Вопрос надежности тепловых сетей исследовали А.И. Юфа, Н.В. Калинин, А.А. Ионин, Е.В. Сеннова и др. [4, 5, 6]. Под надежностью тепловых сетей понимается их способность обеспечивать потребителей требуемым количеством теплоносителя при заданном его качестве, оставаясь в течение заданного срока (25 - 30 лет) в полностью работоспособном состоянии при сохранении заданных на стадии проектирования технико-экономических показателей

(значений абсолютных и удельных потерь теплоты, удельной пропускной способности, расхода электроэнергии на перекачку). Методики расчета, определяющие показатели надежности, не затрагивают термодинамические, эксплуатационные, экологические и технические характеристики.

Однако применение перечисленных методик на практике дает не полную картину о качестве теплоснабжения, так как они включают в себя лишь отдельные единичные показатели, а не учитывают их взаимосвязь и чувствительность друг к другу.

Впервые комплексную оценку качества затронули в своей работе Е.Л. Архангельская и Н.Н. Елизарова, предложив описание функции качества теплоснабжения в виде функционала, аргументами которого являются параметры качества поставки тепловой энергии [7]:

$$F(x) = \sum_{j=0}^m P[q_j] \prod_{i=1}^n P[K_{i \min} \leq K_i \leq \frac{K_{i \max}}{q_i} \geq / (q_i \geq Q)],$$

где: $j = 0, \dots, m$ - возможные состояния системы; $P[q_j]$ - вероятность нахождения системы в состоянии j , которое характеризуется пропускной способностью q_j ; $P[K_{i \min} \leq K_i \leq \frac{K_{i \max}}{q_i} \geq / (q_i \geq Q)]$ - вероятность того, что показатель качества тепловой энергии K_i будет находиться в заданных пределах, а пропускная способность q_i будет удовлетворять режиму теплоснабжения Q ; n - число рассматриваемых показателей качества энергии. Недостаток представленной функции в том, что он рассматривает состояние только трех групп показателей: термодинамических, физико-химических и показателей бесперебойности, что сводит данную методику к определению надежности тепловых сетей.

Вышеперечисленные методики оценки качества теплоснабжения имеют частный характер, для полной оценки необходим комплексный показатель. Все это обуславливает актуальность расширения методической базы по оценке качества систем теплоснабжения с целью практического применения при проектировании и модернизации систем теплоснабжения городов.

При разработке комплексного критерия оценки качества тепловых сетей были решены следующие задачи:

- определение номенклатуры показателей качества для тепловых сетей;
- расчет показателей качества с целью оценки качества теплоснабжения;
- определение эталона «тепловой сети» для рассматриваемого объекта;
- определение комплексного показателя качества тепловых сетей.

В качестве объекта исследования был рассмотрен паропровод от ТЭЦ-2, расположенной в г. Смоленске, конфигурация и тепловые нагрузки которого представлены на рис. 1.

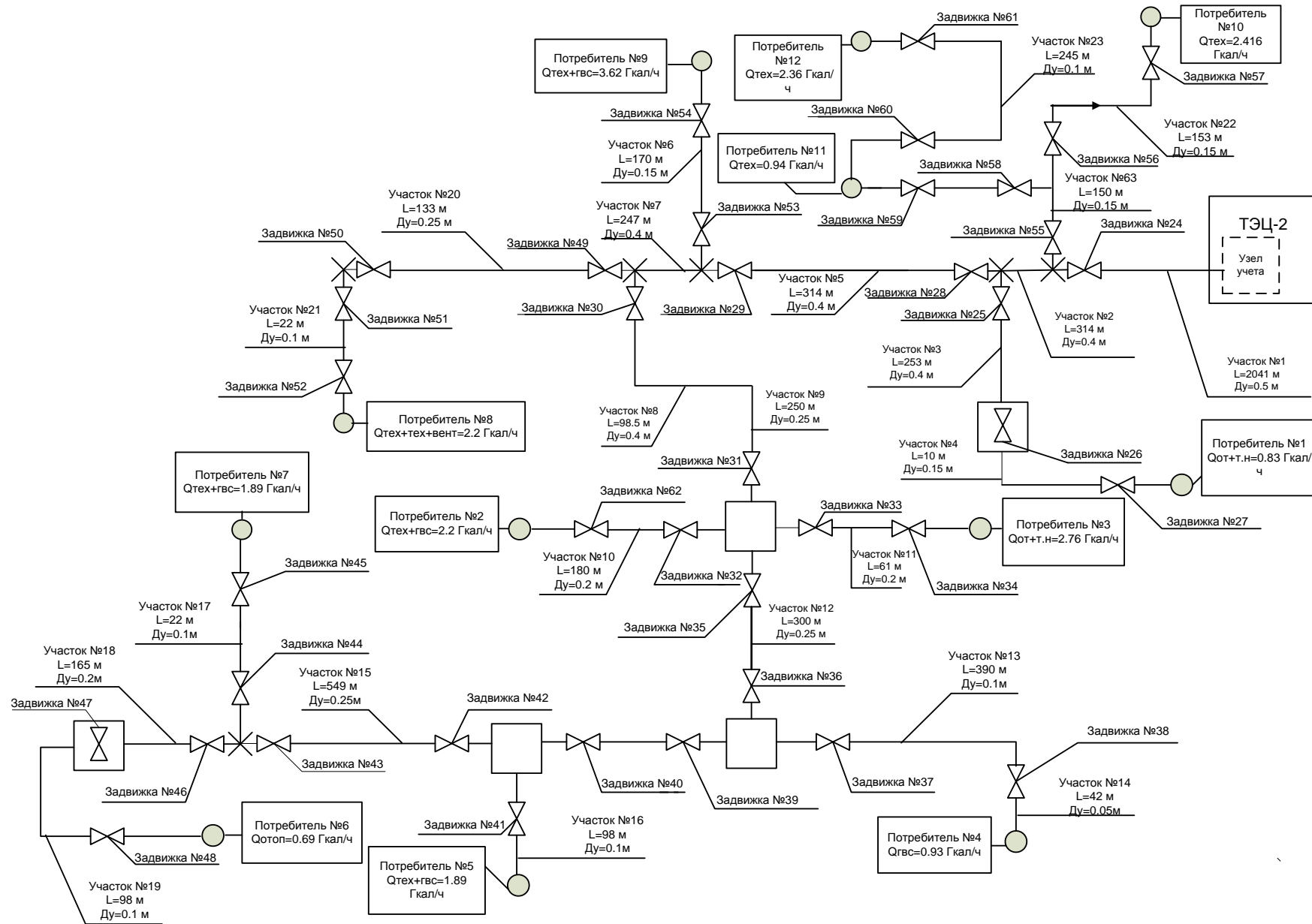


Рисунок 1. Схема тепловой сети от ТЭЦ-2 (разработано авторами)

Первым этапом при определении номенклатуры показателей качества для любого промышленного объекта является установление класса и группы продукции. Тепловые сети можно отнести к продукции, расходующей свой ресурс и группе ремонтируемых изделий. Согласно нормативной документации, для этого типа продукции необходимо определять все единичные и комплексные показатели качества.

При проведении анализа технической литературы, который представлял собой подсчет количества упоминаний по каждой группе показателей качества, было выявлено, что определение абсолютно всех показателей для объекта исследования излишне. Распределение весомостей показателей качества для тепловых сетей представлено на рис. 2.

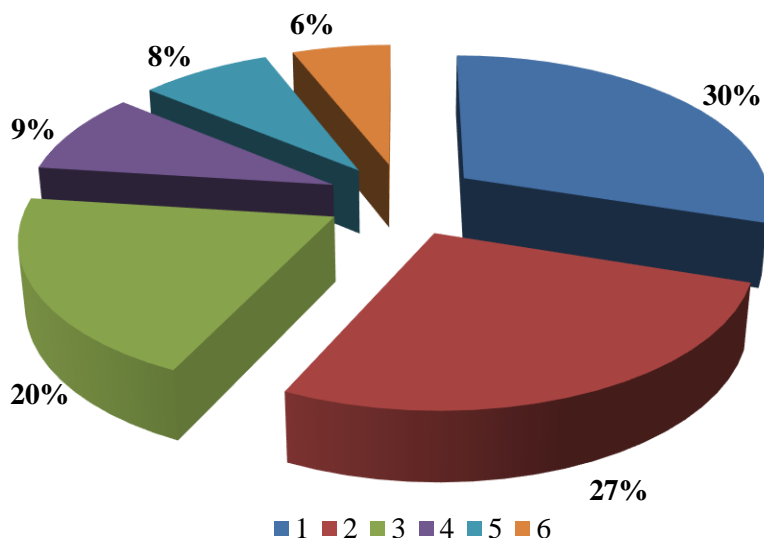


Рисунок 2. Распределение весомостей показателей качества для тепловых сетей (разработано авторами): 1 - показатели надежности, 2 - показатели назначения, 3 - экологические показатели, 4 - показатели технологичности, 5 - показатели экономного использования сырья, материалов и топлива, 6 - прочие показатели

Главным требованием при оценке качества любой продукции является наличие базового образца (эталона). Базовый образец должен относиться к оцениваемой продукции или аналогичной по назначению и условиям эксплуатации продукции [8]. Особенностью данного паропровода является работа в нерасчетном режиме. На данный момент загрузка составляет 30% от расчетной, поэтому в качестве эталона был спроектирован паропровод на ту же нагрузку, что и оцениваемый объект, но с учетом экономической скорости движения пара.

Для данного паропровода были рассчитаны те же показатели качества, что и для рассматриваемого объекта, а именно: показатели назначения (производительность, средняя температура, средний диаметр трубопровода, максимальная скорость теплоносителя и т.д.), показатели надежности (вероятность безотказной работы, коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения, среднее время до восстановления участков тепловой сети [9], годовой недоотпуск тепла), экологические показатели (доля тепловых потерь из-за нерасчетных температур, нормативные годовые потери теплоты через теплоизоляцию, нормативные годовые потери теплоносителя, фактические потери тепла и т.д.), показатели технологичности (материальная характеристика сети, рабочая вместимость паропровода, объем теплоизоляции, масса конструкции, занимаемая площадь, площадь поверхности теплообмена) и показатели экономного использования сырья, материалов и топлива (производительность на единицу занимаемой площади, удельная материальная характеристика сети, удельная длина

тепловой сети, коэффициент полезного действия, расход тепловой изоляции на единицу продукции и т.д.).

Для определения качества тепловой сети был применен формальный подход, который осуществляется с использованием матричной диаграммы, названной в соответствии со своей формой «домом качества». Путем деления абсолютных значений единичных показателей исследуемого объекта на абсолютные значения базового образца были получены относительные значения показателей качества. В результате был определен комплексный показатель, представленный пунктирной линией на «крыше качества» (рис. 3).

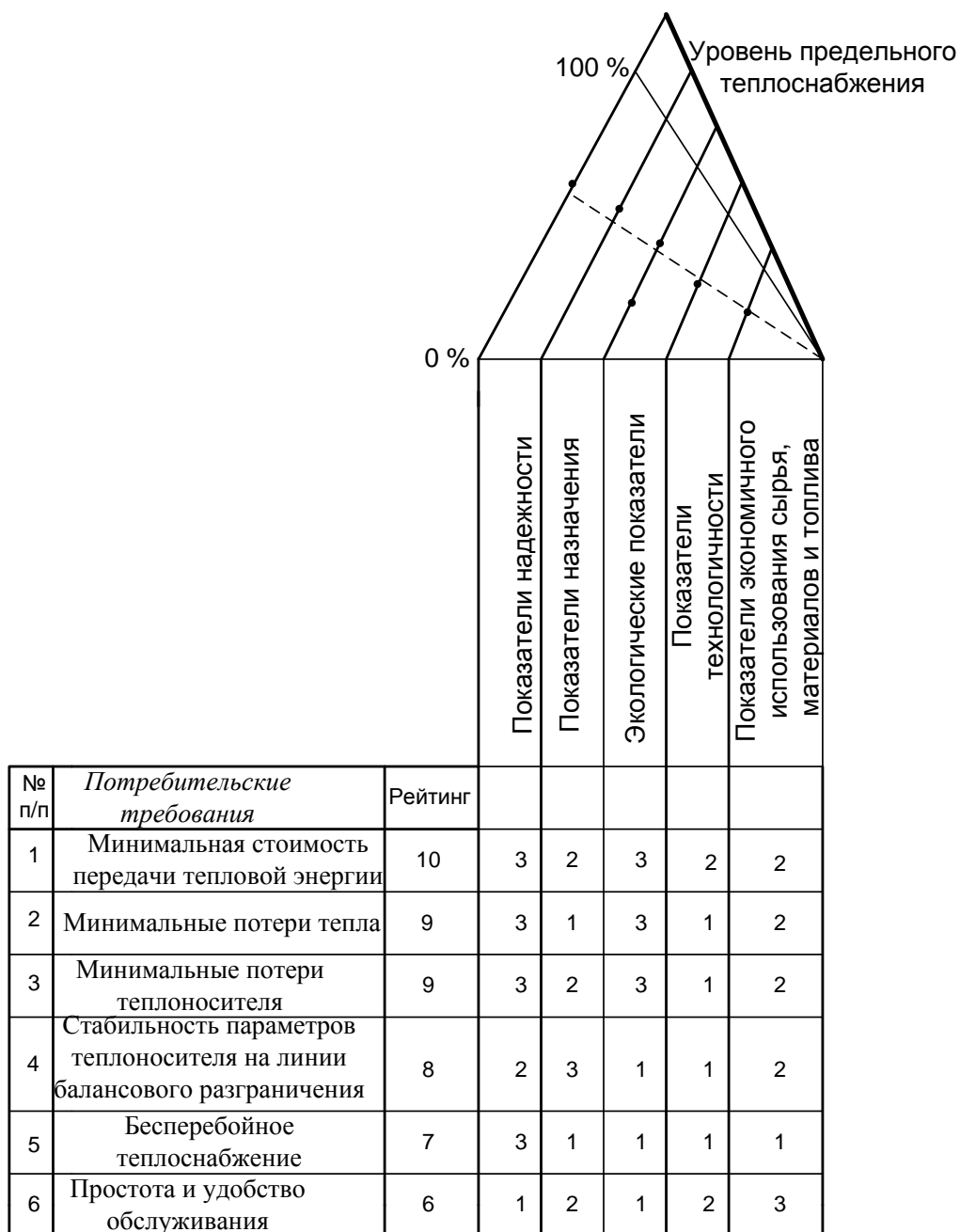


Рисунок 3. «Дом качества» для тепловых сетей (разработано авторами)

Группы показателей качества отображаются наклонными прямыми. Длина каждой прямой, характеризующей группу показателей, была определена весомостью при проведении литературного анализа (например, показатели надежности являются важнейшими

показателями, поэтому линия, характеризующая эту группа самая длинная). На горизонтальной прямой расположены нулевые значения показателей.

После нанесения относительных показателей качества, по методу наименьших квадратов была построена аппроксимирующая линия, являющаяся комплексным показателем качества паропровода, в общем.

На рисунке также представлена связь между инженерными характеристиками тепловых сетей и потребительскими требованиями, где 3 - сильная связь, 2 - слабая связь, 1 - связи нет. Такое наглядное представление оценки качества теплоснабжения, позволяет найти причину снижения эффективности теплоснабжения и предупредить возможные последствия нарушения теплоснабжения.

Уровень предельного теплоснабжения характеризует такое состояние системы, когда показатели качества превышают «эталонные» значения, регламентируемые нормативной документацией.

Показатели надежности обеспечивают 47,4% от должного качества (эталонного, соответствующего значению 100%). Наибольшее влияние на эту группу показателей оказывает вероятность безотказного теплоснабжения, которая в большей степени не отвечает нормативному значению $P_j=0.9^2$. Для того чтобы исправить эту ситуацию, теплоснабжающей организации можно порекомендовать уделить внимание техническому обслуживанию данного паропровода и проводить ежегодные ремонтно-профилактические работы.

Экологические показатели находятся на самой низкой отметке (28,8%), что объясняется тем, что показатели потерь тепла и теплоносителя значительно превышают допустимые значения. Во избежание подобных ситуаций, следует уделить большое внимание состоянию тепловой изоляции паропровода.

Показатели технологичности и показатели экономного использования сырья, материалов и топлива не соответствуют должному значению по причине недогрузке паропровода, что позволяет сказать о нерациональном использовании материалов и сырья.

В результате построения комплексного показателя выявлены основные причины некачественного теплоснабжения для тепловых сетей и их последствия. Определена номенклатура показателей качества для тепловых сетей, произведен расчет показателей. На основании полученных результатов выведен комплексный показатель качества, учитывающий параметры тепловых сетей и их влияния на качество теплоснабжения в целом [10].

Разработанная методика для определения качества тепловых сетей может быть применена для любых тепловых сетей: как для паровых, так и для водяных; ее можно рекомендовать как при проектировании тепловых сетей, так и для определения качества эксплуатируемых объектов.

На основании полученного комплексного показателя качества, можно разрабатывать рекомендации для улучшения качества систем теплоснабжения.

² СП 124.13330.2012 «Тепловые сети».

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Е.П. Качество теплоснабжения городов: учебное пособие / Е.П. Кузнецов, Н.В. Кобышева, Т.А. Дацюк и др. - 2-е изд. - СПб.: ПЭИПК, 2004. - 294 с.
2. Якимов Л.К. Предельный радиус действия теплофикации / Л.К. Якимов // Тепло и сила. - 1931. - № 9. С. 8-10.
3. Шубин, Е.П. Проектирование городских тепловых сетей / Е.П. Шубин. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1957.
4. Калинин Н.В., Никифоров А.Г., Юхимчук А.А., Яковлев, А.В. Повышение надежности систем теплоснабжения за счет рационализации построения схемных решений // Надежность и безопасность энергетики. 2008. № 1. С. 42-46.
5. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей, Москва: Стройиздат, 1989.
6. Сеннова Е.В., Ощепкова Т.Б., Мирошниченко В.В. Методические и практические вопросы построения надёжных теплоснабжающих систем // Известия академии наук. Энергетика. 1999. №4. С. 65-75.
7. Архангельская Е.Л., Елизарова Н.Н. Информационное обеспечение управления качеством теплообеспечения потребителей // Вестник Ивановского государственного энергетического университета, 2012. № 4. С. 66-71.
8. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции - М.: Кнорус, 2015. - 287 с.
9. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / 9-е издание, стереотипное: учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009 - 472 с.
10. Киселева А.И., Фокин А.М. Влияние отдельных показателей на качество функционирования паропроводов. Материалы докладов I Поволжской научно-практической конференции / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. - Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2015. - 640 с.

Fokin Aleskej Mihajlovich

National research university «Moscow power engineering institute»
Smolensk branch, Russia, Smolensk
E-mail: fokssm@yandex.ru

Kiseleva Aleksandra Igorevna

National research university «Moscow power engineering institute»
Smolensk branch, Russia, Smolensk
E-mail: sashulka_kiseleva@mail.ru

Definition of a complex indicator of the quality of functioning of industrial power systems

Abstract. The problem of the quality of heat supply is associated with the lack of a state standard for this type of product. The article considers existing methods for assessing the quality of heat supply systems, considers the principles and drawbacks of existing methods. It was found necessary to expand the methodological base for assessing the quality of heat supply systems as a result of the research. Authors proposed a comprehensive quality indicator that allows us to evaluate heat supply, taking into account both consumer requirements and engineering characteristics. The article is devoted to the literary analysis according to the subject matter under study and on its basis the nomenclature of quality indicators for thermal networks was determined and their numerical values were calculated, the base sample was also determined and calculated. Based on the results of the calculations, a comprehensive quality indicator was presented, presented at the "house of quality". This formal approach, clearly shows which indicators in the heat supply system are the most vulnerable and require close attention from the heat supplying organization.

The developed methodology for assessing the quality of heat networks can be extended to any heat network: both steam and water. This technique can also be recommended for forecasting the development of both new and existing heat power facilities, with the modernization or reconstruction of heat networks.

Keywords: heat supply; thermal energy; heating network; quality of heat supply; quality indicators; complex indicator of quality; pipelines; industrial systems; combined heat and power; house of quality; heat transfer agent; reliability of heat networks; steam pipelines; industrial products; resources

REFERENCES

1. Kuznecov E.P. Quality of heat supply of cities: textbook / Kuznecov E.P., Kobysheva N.V., Dacyuk T.A. i dr. - 2-e izd. - SPb.: PEHIPK, 2004. - 294 p.
2. Yakimov L.K. Limiting radius of action of the heating system / L.K. Yakimov // Heat and power. - 1931. - № 9. P. 8-10.
3. Shubin, E.P. Designing of city heating networks / E.P. Spubin. - M.-L.: Gosehnergoizdat, 1957.
4. Kalinin N.V., Nikiforov A.G., Yuhimchuk A.A., Yakovlev, A.V. Improving the reliability of heat supply systems by rationalizing the construction of circuit solutions // Reliability and safety of power engineering. 2008. № 1. P. 42-46.
5. Ionin A.A. Reliability of thermal network systems, M.: Strojizdat, 1989.
6. Sennova E.V., Oshchepkova T.B., Miroshnichenko V.V. Methodological and practical questions of constructing reliable heat supply systems // News of the Academy of Sciences. Power engineering. 1999. №4. P. 65-75.
7. Arhangel'skaya E.L., Elizarova N.N. Quality management information support of consumers' heat supply // Newsletter of Ivanovo State Power Engineering University, 2012. № 4. P. 66-71.
8. Fedyukin V.K. Qualification. Measuring the quality of industrial products - M.: Knorus, 2015. - 287 p.
9. Sokolov E.Y. District heating and heat networks / 9th edition, stereotyped: a textbook for high schools. - M.: MEI Publishing House, 2009 - 472 p.
10. Kiseleva A.I., Fokin A.M. Influence of selected indicators on the quality of the operation of steam pipes. Proceedings of the reports of the 1st Volga Region Scientific and Practical Conference / under the general editorship of E.Yu. Abdullazyanov. - Kazan: Kazan State Energy University, 2015. - 640 p.