

Энергоэффективность и энергосбережение в системах теплоснабжения

Energy efficiency and energy saving in heat supply systems

бакалавр Авсюкевич Анастасия Дмитриевна

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
anastasiia.spb@gmail.com
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Bachelor of Science Anastasiia Dmitrievna Avsiukevich
Saint-Petersburg State Polytechnical University
anastasiia.spb@gmail.com
Saint-Petersburg
Russian Federation

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, повышение эффективности, показатели, оптимизация, метод.

В статье рассмотрены вопросы необходимости четкого обоснования показателей эффективности функционирования систем теплоснабжения (СТС) и выделения основных методов и путей повышения эффективности функционирования СТС.

Проанализированы понятия теории эффективности, приведены основные показатели энергосбережения. Изучены методы и пути повышения эффективности функционирования СТС. Проанализирована литература по оптимизации параметров функционирования СТС.

Сделан вывод о целесообразности проведения оптимизации параметров функционирования СТС с использованием эксергетических методов.

Key words: energy efficiency, energy saving, improvement of energy efficiency, indicators, optimization, method.

The issue of necessity of clear reasoning behind the indicators of efficiency operation of heat supply systems is discussed in the research. The issue of finding out the main methods of improvement of efficiency operation of heat supply systems was also discussed in the work.

The analysis of definition of theory of efficiency was carried out. The main indicators of energy saving are introduced. The methods of improvement of efficiency operation of heat supply systems are discussed in the research. Also the literature review in the field of optimization of indicators of operation of heat supply systems was done.

The conclusion about necessity of carrying out the optimization of indicators of operation of heat supply systems with use of exergetic methods was done.

1. Введение

Значительное повышение энергопотребления связано с экономическим развитием и ростом населения, ожидающимся в ближайшие десятилетия. Это может привести к увеличению давления на систему энергопотребления и повышению внимания к эффективному использованию энергии. Доступность энергетических ресурсов – это ключевой фактор для экономического развития и обеспечения улучшения качества жизни населения [1, 2].

Исследования в области энергоэффективности важны в современном мире. Люди стремятся сохранять энергию в различных областях ее потребления: в транспортном секторе, индустриальном и, конечно же, в строительстве.

Европейские страны столкнулись с проблемой нехватки энергии значительно раньше, чем Россия. Согласно европейской директиве EU Directive 2006/32/EC каждая страна – член Евросоюза должна разработать план мероприятий по снижению энергопотребления и представить его Евросоюзу в период с 2008 по 2016 гг. [3]. Концепция экологически безопасного, надежного и доступного энергоснабжения Германии главной целью ставит снижение потребления первичной энергии на 20 % к 2020 году, и на 50 % к 2050 [4]. Согласно второму национальному плану мероприятий по повышению энергоэффективности

Германии требования к отоплению жилищного фонда должны быть снижены на 20% к 2020 году [5]. Долгосрочная климатическая и энергетическая стратегия Финляндии ставит цель по увеличению использования возобновляемых источников до 38% [6, 7]. Согласно второму национальному плану мероприятий по повышению энергоэффективности Финляндии потребления первичной энергии должно уменьшиться на 10 % к 2020 году и на 15 % к 2050 [8].

В настоящее время энергоэффективность и энергосбережение входят в пять стратегических направлений приоритетного технологического развития экономики России. Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» удельная энергоемкость валового внутреннего продукта должна снизиться не менее чем в 2,3 раза к 2030 году [9, 10, 11]. При этом снижение удельных расходов топлива на производство тепла котельными (в процентах к 2005 году) должно составить не менее 10 процентов.

Поэтому решение проблемы энергосбережения и снижения расходов на энергоресурсы при производстве тепла является актуальным. Решение данной проблемы невозможно без использования четко обоснованных показателей эффективности функционирования систем теплоснабжения (СТС) и выделения основных методов и путей повышения эффективности функционирования СТС.

Однако в современной научно-технической литературе существует довольно большое количество таких показателей и путей повышения энергоэффективности и энергосбережения, что затрудняет их применение на практике.

2. Цель работы

Целью данной работы является обоснование перечня показателей энергетической эффективности функционирования СТС и формирование основных методов и путей повышения энергоэффективности и энергосбережения при функционировании СТС. Это позволит проектировщикам, разработчикам, изготовителям и пользователям оборудования СТС устанавливать и контролировать показатели энергопотребления, добиваясь повышения эффективности использования топлива и энергии.

3. Понятие эффективности применительно к современным системам теплоснабжения

Современные СТС представляют собой достаточно сложные технические системы со значительным количеством разнообразных по своему функциональному назначению элементов. Характерной для них является общность технологического процесса получения горячей воды или пара на котельной за счет энергии, выделяемой при сжигании органического топлива. Это позволяет при оценивании эффективности функционирования СТС учитывать только конечный результат их работы – подачу к потребителю теплоты в тепловых или стоимостных показателях, а в качестве главных факторов, определяющих их величину, считать затраты на производство и транспортирование теплоты.

В рамках данной работы под эффективностью понимается комплексная характеристика результатов применения системы с учетом степени их соответствия главным целям применения системы [12, 13]. Понятие эффективности является чрезвычайно многогранным. Поэтому целесообразно осуществить его декомпозицию на взаимосвязанные узкосмысловые понятия: целевая эффективность, техническая, экономическая, социальная, эффективность жизненного цикла, эффективность управления.

Под *показателем* эффективности функционирования СТС понимается характеристика, которая количественно выражает степень выполнения СТС главной цели ее функционирования в заданных условиях. *Критерий* эффективности - это правило, по которому осуществляется сравнение (выбор) показателей эффективности. Каждый из критериев в общем случае может принадлежать одному из классов: классу критериев пригодности {G}; классу критериев оптимальности {O}; классу критериев превосходства {S} [12].

В качестве критерия выбора обычно используются условия принадлежности альтернативы к множеству, обладающему определенными свойствами, или достижения при этой альтернативе экстремума по некоторому показателю эффективности системы.

Эффективность характеризуется векторным показателем типа «готовность – техническая эффективность - стоимость и ресурсосберегаемость» [12, 14]:

$$\mathcal{E}(t) = \{K_T(t), W(t), C_\Sigma(t)\} \quad (1)$$

Первая составляющая представляет собой коэффициент готовности $K_r(t)$, который характеризует надежность СТС в процессе эксплуатации с учетом ее восстановления. Вторая составляющая общего показателя $W(t)$ отражает техническую эффективность эксплуатации СТС. Третья составляющая представляет собой суммарные материальные, финансовые, людские затраты $C_{\Sigma}(t)$ в ходе эксплуатации СТС.

В штатных ситуациях суммарные затраты на проведение мероприятий по эксплуатации СТС или их составляющие могут выступать в качестве целевой функции, удовлетворяющей требованию: $C_{\Sigma}(t) \rightarrow \min$. В этом случае первая и вторая составляющие комплексного показателя эффективности заданы и используются в качестве ограничений:

$$\begin{aligned} K_r(t) &\geq K_r(t)^{\text{треб}} \\ W(t) &\geq W(t)^{\text{треб}} \end{aligned} \quad (2)$$

В нештатных ситуациях, когда главной целью эксплуатации является обеспечение заданного уровня надежности и технической эффективности эксплуатации СТС, суммарные затраты выполняют роль ограничений: $C_{\Sigma}(t) \leq C(t)^{\text{дон}}$. Целевая функция имеет вид - $K_r(t) \rightarrow K_r(t)^{\text{треб}}$ или $W(t) \rightarrow W(t)^{\text{треб}}$. Также в качестве целевой функции может использоваться - $K_r(t) \rightarrow \text{extr}$ или $W(t) \rightarrow \text{extr}$.

Следует отметить, что пока не существует общей точки зрения по выбору показателей экономической эффективности. Ими могут быть и «полезный эффект», и «прибыль», и «стоимость произведенной продукции», и «наносимый или предотвращенный ущерб» и т.д. Тем не менее, с целью установления экономической целесообразности использования по назначению СТС, экономический анализ должен производиться в любом случае. Такой анализ проводится применительно к жизненному циклу системы.

Жизненным циклом СТС называется последовательность фаз их развития от замысла до снятия с эксплуатации [15]. В агрегированном виде эта последовательность может быть описана следующим образом: исследование - проектирование - создание - внедрение - эксплуатация - замена.

На разных этапах жизненного цикла СТС учитываются и разные затраты. На этапе эксплуатации СТС это затраты на:

- материально-техническое снабжение;
- все виды энергии (топливо, электроэнергия);
- сырье или расходные материалы (вода, соль, химические реагенты);
- ремонт оборудования;
- содержание обслуживающего СТС персонала.

В качестве показателей экономической эффективности используются стоимостные показатели и показатели расхода (сбережения) ресурсов. Очень часто в качестве таких показателей используются годовые приведенные затраты.

Если необходимо оценить экономическую эффективность СТС уже спроектированных, изготовленных и установленных, т.е. на этапе эксплуатации, то в качестве показателя эффективности функционирования СТС (целевой функции) можно использовать эксплуатационные затраты либо энергетические затраты, являющиеся наиболее весомой составляющей эксплуатационных затрат. Это обусловлено тем, что в случае изменения по величине лишь отдельных составляющих эксплуатационных затрат, расчет эксплуатационных затрат может осуществляться только с учетом изменяемых показателей.

Под показателем энергосбережения понимается качественная и/или количественная характеристика проектируемых или реализуемых мер по энергосбережению [16]. Деятельность в области энергосбережения характеризуют следующими показателями [16]:

- фактической экономии топливно-энергетических ресурсов;
- снижения потерь топливно-энергетических ресурсов, в т.ч. за счет оптимизации режимных параметров энергопотребления; проведения не требующих значительных инвестиций энергосберегающих мероприятий и т.п.;
- снижения энергоемкости производства продукции.

Показатели экономичности энергопотребления могут быть выражены в абсолютной или удельной форме. Абсолютная форма характеризует расход топливно-энергетических ресурсов в регламентированных условиях (режимах) работы.

В нормативной документации на изделия, потребляющие одновременно различные виды топлива и энергии, должны устанавливаться показатели энергопотребления по всем видам энергии в сумме в пересчете к одному виду единиц измерения.

Выбор энергетических затрат в качестве целевой функции при оптимизации параметров СТС обусловлен определяющей долей этих затрат в эксплуатационных расходах. Анализ годовых эксплуатационных расходов показывает, что доля расходов на топливо достигает в крупных по мощности котельных 70-80%, а в менее мощных – 50-60% (рисунок 1) [17]. На соотношение эксплуатационных расходов котельными станциями теплоснабжения существенное значение оказывают установленные цены на топливо. По сравнению с мазутом цены на природный газ, как правило, более низкие. Расходы на электроэнергию, воду лежат в пределах 15-20%, причем большие значения относятся к небольшим котельным. Затраты на заработную плату обслуживающего персонала на крупных котельных составляют 5-8%, а в небольших котельных, особенно с паровыми котлами – 15-20%. Отчисления от первоначальных капитальных затрат на амортизацию и ремонт находятся в пределах 6-12%.

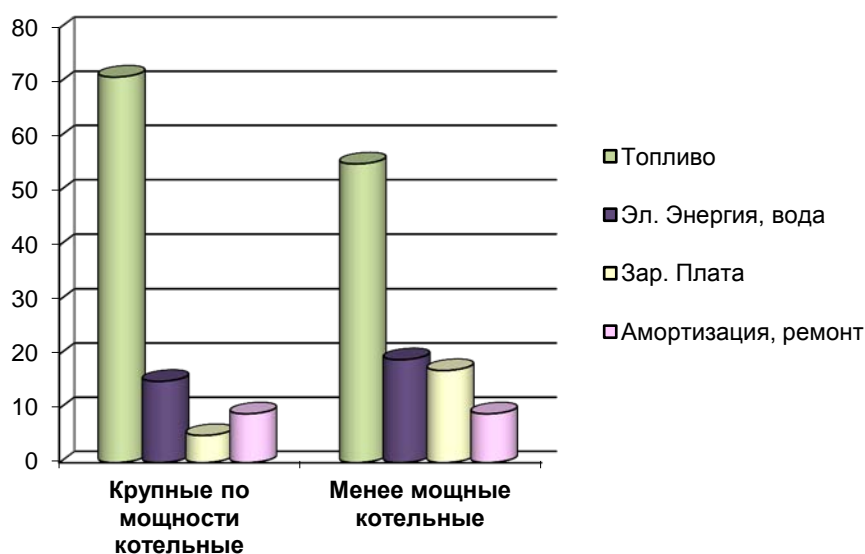


Рисунок 1. Структура эксплуатационных расходов на котельных станциях теплоснабжения

Годовые энергетические затраты определяются путем суммирования произведений годового объема потребления каждого вида ресурса и стоимости единицы измерения при приобретении и доставке его к месту использования по формуле [18]:

$$S_{\text{рес}} = \sum_{i=1}^m P_{\text{рес}i} * C_i \quad (3)$$

где: $S_{\text{рес}}$ - годовые энергетические затраты, руб; $P_{\text{рес}i}$ - годовой объем потребления СТС i -го вида ресурсов; C_i - стоимость потребляемого i -го ресурса, руб; m - количество используемых видов ресурсов при функционировании СТС.

Для всесторонней оценки эффективности функционирования СТС могут использоваться различные расчетные методы по определению численных значений частных критериев с последующим сведением их в интегральные и общие показатели эффективности различных вариантов применения системы.

Кроме того, нуждается в комментариях предложенный рядом авторов показатель энергетической эффективности теплоснабжения как произведение значений КПД и показателей эффективности регулирования всех составных частей: источников тепла, тепловых сетей, тепловых пунктов и систем теплоснабжения. Предложенный показатель может быть рекомендован только лишь для приближенной оценки, например, для укрупненных расчетов потребности топлива для СТС. Для анализа

энергетической эффективности современных СТС использование подобных формул не всегда методологически корректно.

Корректный анализ энергетической эффективности СТС базируется на подходе к СТС как к единому теплоэнергетическому комплексу, в котором все составные элементы (источники тепла, тепловые сети, системы теплоснабжения, системы управления) функционально связаны и взаимно влияют друг на друга [19, 20].

Главная трудность заключается в том, что не для всех критериев эффективности разработаны методы их вычисления и нет твердого правила, согласно которому следует отдать предпочтение тому или иному варианту применения системы, если он по одним показателям лучше, а по другим хуже остальных.

Чтобы преодолеть эту трудность, не прибегая к свертыванию показателей, все критерии, кроме рассматриваемого, фиксируются с ограничениями. Все варианты применения системы, которые по этим показателям укладываются в установленные ограничения, сравниваются между собой и, более эффективным признается вариант, имеющий наилучшее значение рассматриваемого критерия.

При оценке энергетической эффективности СТС необходимым условием является поддержание эффективности по другим ее составляющим на заданном уровне. В частности, должен быть достигнут необходимый уровень конечного результата, т.е. техническая эффективность ни в коем случае не должна снижаться. Для СТС техническая эффективность заключается в производстве требуемого количества теплоты заданного качества в определенный момент времени. Так как техническая эффективность не снижается, то СТС энергетически становятся более эффективными в целом.

4. Анализ методов и путей повышения эффективности функционирования СТС

Повысить энергетическую эффективность функционирования СТС можно следующими путями [21 - 40]:

- принятием объемно-планировочных решений и строительно-конструктивных мер, уменьшающих потери тепла,
- улучшением качества СТС, систем вентиляции и кондиционирования воздуха и их элементов,
- улучшением технологии и техники автоматического регулирования,
- утилизацией отходящего тепла на нужды вентиляции и кондиционирования воздуха.

Основные современные тенденции развития СТС следующие [41 - 44]:

- реконструкция и техническое перевооружение существующих котельных;
- строительство новых современных котельных;
- децентрализация теплоснабжения.

Классификация мер повышения энергетической эффективности СТС приведена на рисунках 2 и 3. Большинство указанных мер представлено в общем виде и сводятся к решению нескольких частных задач.

Многие из указанных на рисунках 2 и 3 мер предполагают решение оптимизационных задач и в разной степени влияют на энергопотребление соответствующих систем [45 - 49].

Большинство из указанных мер по энергосбережению используется на этапе проектирования СТС и требуют значительных капитальных вложений для их разработки и внедрения [50]. Но, учитывая тот факт, что СТС находятся в эксплуатации значительные сроки (20 лет и более), то возникает проблема повышения эффективности функционирования СТС, срок эксплуатации которых еще не закончен. При этом необходимо иметь в виду, что в первую очередь, следует принимать способы и средства энергосбережения, с помощью которых достигается требуемый теплотехнический и энергетический эффект при минимальных дополнительных капитальных вложениях. Одним из путей повышения эффективности функционирования СТС при минимальных дополнительных капитальных затратах является оптимизация параметров функционирования СТС, т.е. оптимизация реализуемых расходов топлива, теплоносителя, а также термодинамических параметров взаимодействующих сред [51, 52].

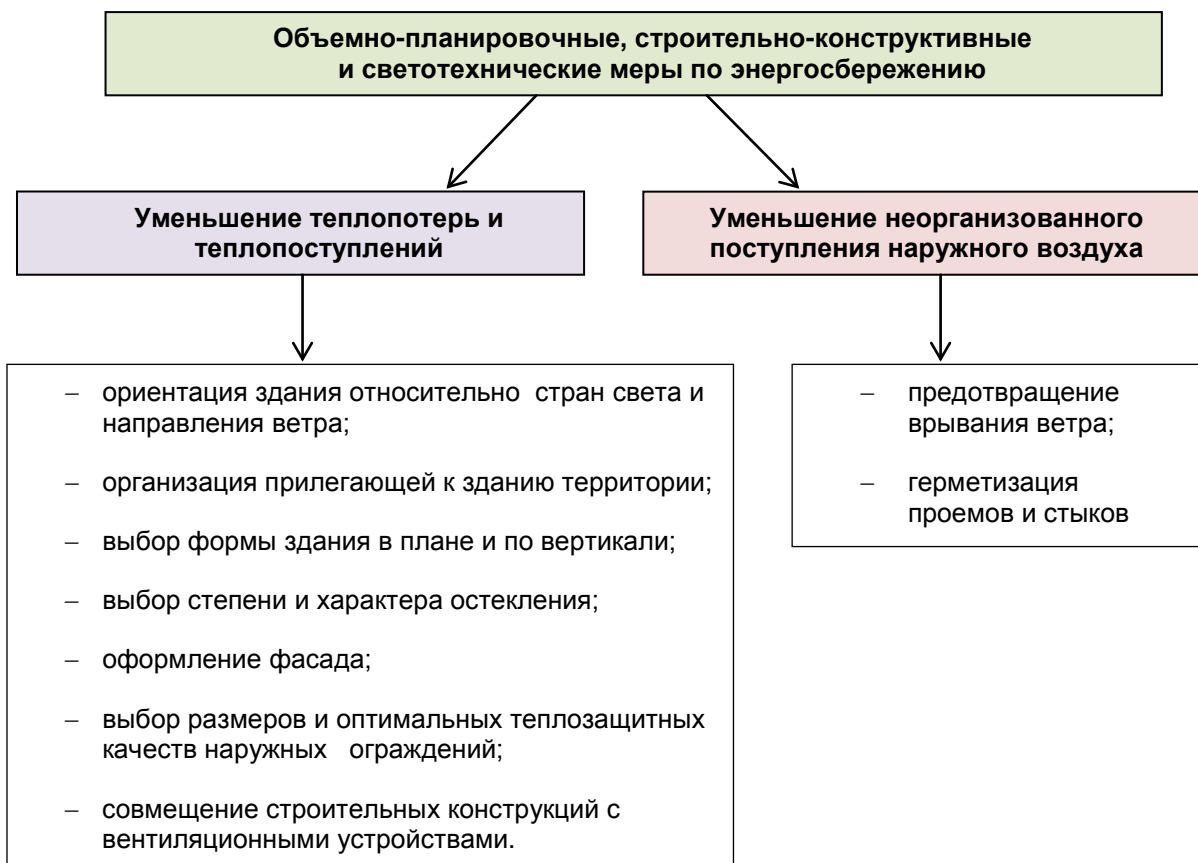


Рисунок 2. Классификация объемно-планировочных и строительно-конструктивных мер снижения нагрузок на СТС

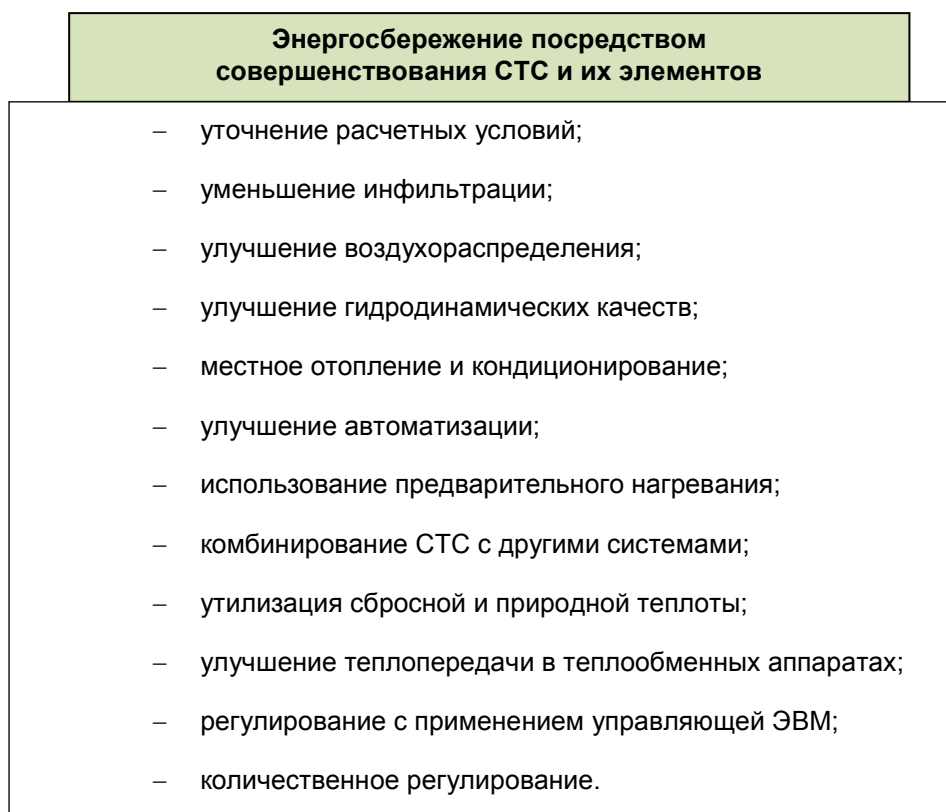


Рисунок 3. Классификация мер по улучшению качества СТС

5. Аналитический обзор литературы по оптимизации работы СТС

Анализ литературы по оптимизации СТС показывает, что в настоящее время задача оптимизации параметров функционирования СТС, как единого объекта, не решена. В большинстве работ, например «Математическое моделирование и оптимизация развивающихся систем» Сенновой Е. В. [53] или «Совершенствование методов расчета систем теплоснабжения» под редакцией Григорьева В.С. [49] проводится оптимизация режимов работы отдельных систем или элементов этих систем. Такой же подход используется и в ряде других работ, например, Меренкова А. П. [54], Куйбышева [55], и др. [56]. Кларк Д. рассматривает использование компьютерных методов для решения энергетических проблем проектирования [57].

Оптимизации работы СТС за счет автоматизации происходящих процессов посвящены работы Ротач В. Я. [58], Латышева Г. В. [59], Чистович С. А., Аверьянова В. К., Темпель Ю. А. и Быкова С. И. [60].

Пути снижения расходов энергии в СТС рассмотрены в работах Кокорина О. Я. [61], Богуславского Л. Д. [21], Круглова Г. А. [62], Малой Э. М. [63], Андрющенко А. И. [64] и других ученых.

Но оптимизация режима работы отдельных систем и элементов не может привести к определению оптимального режима работы СТС в целом, т.к. СТС представляют собой сложный энергетический комплекс, все элементы которого, как и параметры, определяющие режим их работы, взаимосвязаны, и необходимо учитывать эти связи [65 - 67].

В указанной выше литературе существуют отличия и в подходе к решению задач оптимизации. В некоторых работах исследования строятся на основе энергетического анализа систем, используя понятие эксергия [18, 68 – 76]. Однако в этом случае авторы не рассматривают экономические факторы. Основная масса исследований выполнена на основе технико-экономического анализа, предполагающего учет как термодинамических, так и экономических факторов. Здесь можно отметить два направления, отличающихся методом учета этих факторов [77 - 83].

Первое направление - метод последовательного учета термодинамических и экономических факторов, представляет традиционный общепринятый технико-экономический метод [70]. Второе направление, именуемое методом термозкономики, характеризуется одновременным учетом термодинамических и экономических факторов [21, 84 - 90]. Эти два направления содержат принципиальные отличия в подходе к решению оптимизационной задачи, поэтому их можно рассматривать как два самостоятельных метода технико-экономического анализа.

Таким образом, обзор методов термодинамического анализа позволяет сделать вывод, что оптимизацию параметров функционирования СТС целесообразно проводить с использованием эксергетических методов.

6. Заключение

1. Обоснованы показатели энергетической эффективности функционирования СТС на основе анализа общего понятия «эффективности» и требований к показателям энергосбережения.
2. Получен перечень основных методов и путей повышения энергоэффективности и энергосбережения при функционировании СТС.
3. Предложено при решении задач повышения энергетической эффективности функционирования СТС использовать эксергетические методы термодинамического анализа.

Литература

1. Dakwalea V. A., Ralegaonkara R. V., Mandavganec S. Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // Sustainable Cities and Society. 2011. Vol. 1. Issue 4. Pp. 211–218.
2. Patterson M. G. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues // Energy Policy. 1996. Vol. 24. Issue 5. Pp. 377–390.
3. Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council on Energy End – use Efficiency and Energy Services // Official Journal of the European Union. 2006. Vol. 49. Pp. 64 – 85.
4. Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply. Federal Ministry of Economics and Technology. Berlin, (BMWi) Public relations. 2010. 32 p.

5. Second National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP) of the Federal Republic of Germany. Federal Ministry of Economics and Technology. Berlin, (BMWi) Public Relations. 2011. 110 p.
6. Long-term Climate and Energy Strategy. // Motiva OY, 2001. URL: http://www.motiva.fi/en/energy_in_finland/national_climate_and_energy_strategy. (Date of reference: 1.11.2012)
7. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1(11). С. 7-8.
8. Second National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP) of Finland. // Build Up, 2011. URL: <http://www.buildup.eu/publications/20807>. (Date of reference: 13.12.2012).
9. Распоряжение правительства Российской Федерации от 13.11.2009 №1715. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года.
10. Горшков А. С., Байкова С. А., Крянев А. С. Нормативное и законодательное обеспечение государственной программы об энергосбережении и повышении энергетической эффективности зданий и пример ее реализации на региональном уровне // Инженерные системы «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД». 2012. №3. С. 24-32.
11. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Теплозащита и энергоэффективность в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // Инженерные системы «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД». 2012. №1. С. 10-17.
12. Вдовин В. М. Суркова Л. Е. Валентинов В. А. Теория систем и системный анализ. Учебник. 2-е изд. М.: Дашков и Ко, 2012. 640 с.
13. Морозов Л. М., Петухов Г. Б., Сидоров В. Н. Методологические основы теории эффективности. М.: ВИКИ, 1982. 236 с.
14. Дружинин В. В., Конторов Д. С. Системотехника. М.: Радио и связь, 1985. 200 с.
15. ГОСТ 25.866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения.
16. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.
17. Сомов В. В., Морозов Б. И. Анализ характеристик отопительно-производственных котельных с использованием экономико-математических методов // Научные и практические вопросы совершенствования теплоэнергетических установок малой мощности. Вып.3. Совершенствование котельных установок объектов МО. СПб: ВИСИ, 1996. 156 с.
18. Бродянский В. М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. М.: Энергоатомиздат, 1988. 288 с.
19. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий / Гримитлин М. И., Позин Г. М., Тимофеева О. Н. и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1993. 287 с.
20. Вологдин С. В. Исследование и оптимизация режимов теплоснабжения зданий, обслуживаемых централизованным источником тепла: Автореферат дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.13.16. Ижевск, 2000. 19 с.
21. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1982. 256 с.
22. Пути повышения эффективности систем теплоснабжения // Сборник статей. М.: ЦБНТИ ММСС СССР, 1991. 20 с.
23. Актуальные проблемы развития систем теплогазоснабжения и вентиляции: Межвуз. науч. сб./ Саратов. гос. техн. ун-т. Саратов, 1998. 83 с.
24. Кокорин О. Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК) / Кокорин О. Я.. М., 1999. 206 с.
25. Курицын Б. Н. Основы энергосбережения в отопительно-вентиляционной технике. М., 1996. 100с.
26. Левенталь Г. В., Попырин Л. С. Оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия, 1970. 350 с.
27. Лезнов Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках. М.: Энергоатомиздат, 1991. 144с.
28. Энергосбережение в системах традиционного и альтернативного теплоснабжения / Мелькумов В. Н., Сотникова О. А., Турбин В. С., Китаев Д. Н., Сорокин Р. В. // АВОК. 2004. №2. С. 62-66.
29. Новгородский Е. Е. Энергосберегающие установки теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Учеб. пособие. Ростов н/Д: РИСИ, 1991. 124 с.

30. Новиков И. И., Кружилин Г. Н., Ананьев Е. П. Использование топлива в энергетике России // Изв. Акад. наук. Энергетика. 1996. №5. С. 421-470.
31. Шнайдер Д.А. Автоматизация управления системами теплоснабжения промышленных объектов при низкотемпературных режимах: Автореферат дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.13.06. Челябинск, 2003. 18 с.
32. Эксплуатация тепловых пунктов систем теплоснабжения / Витальев В. П, Николаев В. Б., Порывай Г. А., Сельдин Н. Н. М.: Стройиздат, 1985. 382 с.
33. Богуславский Л. Д. [и др.] Энергоснабжение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1990. 624 с.
34. Майоров В. А. Передача теплоты через окна // Инженерные системы «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД». 2012. №1. С. 46-61.
35. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С. // Инженерно-строительный журнал. 2012. №8(34). С. 4-14.
36. Петросова Д. В. Фильтрация воздуха через ограждающие конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2012. №2(28). С. 24-31.
37. Гринфельд Г. И., Куптараева П. Д. Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 41-50.
38. Куренкова А. Ю., Кузьменко А. В., Куренкова О. М. Формула стеклопакета для зданий повышенной этажности // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 63-68
39. Аверьянова О. В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий // Инженерно-строительный журнал. 2011. №5(23). С. 53-59.
40. Самарин О. Д., Зайцев Н. Н. Влияние ориентации остекленных фасадов на суммарное энергопотребление жилых зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8(18). С. 16-20.
41. Гуревич А. М., Гуревич Б. А. Паровой котел с комбинированной циркуляцией // Инженерные системы «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД». 2012. №2. С. 60-62.
42. Аверьянова О. В. Энергосберегающие технические решения для местно-центральных систем обеспечения микроклимата при использовании тепловых насосов в качестве местных агрегатов, объединенных в единый водяной контур // Инженерно-строительный журнал. 2011. №1(19). С. 37-45.
43. Аверьянова О. В., Ватин Н. И. Климатические системы с тепловыми насосами и водяным контуром // Инженерно-строительный журнал. 2009. №2(4). С. 19-22.
44. Андрищенко А. И. Комбинирование теплофикационных систем - способ повышения экономичности и надежности теплоснабжения // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 1995. №3-4. С. 3-4.
45. Петрушкин А. В. Методика расчета экономии топлива в комбинированной системе теплофикации // Юбилейный сборник научных сообщений. Саратов: СГТУ, 1997. С. 72-78.
46. Повышение эффективности и надежности теплоэнергетического оборудования, систем и комплексов // Межвузовский научный сборник / Под. общ. редакцией Андрищенко А. И. Саратов: СГТУ, 1996. 173 с.
47. Попырин Л. С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия, 1978. 428 с.
48. Попырин Л. С., Самусев В. И., Эпельштейн В. В. Автоматизация математического моделирования теплоэнергетических установок. М.: Наука, 1981. 236 с.
49. Совершенствование методов расчета систем теплохладоснабжения // Труды Центр. н.-и. и проектно-эксперим. ин-т инж. оборуд., городов, жилых и обществ. Зданий / Отв. ред. Григорьев В. С.. М., 1991. 58 с.
50. Королева Т. И. Экономическая эффективность энергосбережения капитальных вложений в системах отопления и вентиляции. М.: Пенза, 1997. 43 с.
51. Анохин А. Б., Халепа А. А. Инвестиционная оценка реконструкции системы теплоснабжения предприятия // АВОК. 1998. №2. С. 34-35.
52. Громов Б. Н., Ярошинский А. Ю. Проблемы управления режимами теплоснабжающих систем в аварийных и послеаварийных ситуациях. Математическое моделирование трубопроводных систем // Иркутск: СЭИ СО РАН, 1988. С. 207-218.

53. Сеннова Е. В., Сидлер В. Г. Математическое моделирование и оптимизация развивающихся теплоснабжающих систем. М.: Наука, 1987. 221 с.
54. Меренков А. П., Сумароков С. В., Сеннова Е. В. Математическое моделирование и оптимизация систем тепло-, водо-, нефте-, газоснабжения. М.: Наука, 1992. 407 с.
55. Математическое моделирование и оптимизация тепловых процессов в теплоэнергетических установках // Межвузовский сб. науч. трудов. Куйбышев: КПИ, 1990. 142 с.
56. Мелентьев Л. А. Методология системных исследований в энергетике. Избранные тр. М.: Наука. Физматлит, 1995. 301 с.
57. Clarke J. A. Energy Simulation in Building Design. Second Edition. 2012. 384 p.
58. Ротач В. Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. М.: Энергоатомиздат, 1985. 296 с.
59. Латышев Г. В. Построение энергоэффективных решений на базе открытых протоколов // Инженерные системы «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД». 2012. №4. С. 58-67.
60. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления / Чистович С. А., Аверьянов В. К., Темпель Ю. А., Быков С. И. М.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. 248 с.
61. Кокорин О. Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК). М., 1999. 206 с.
62. Круглов Г. А. Мониторинг и ресурсосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: РЕКПОЛ, 1998. 192 с.
63. Малая Э. М. Энергосбережение в системах теплоснабжения. М.: Саратов, 1999. 95 с.
64. Андрущенко А. И. Некоторые пути увеличения экономии топлива от теплофикации и определение эффективности ТЭЦ в энергосистеме // Проблемы энергосбережения. Киев, 1995. №2-3. С. 99-105.
65. Кафаров В. В., Мешалкин В. П., Гурьева Л. В. Оптимизация теплообменных процессов и систем. М.: Энергоатомиздат, 1988. 192 с.
66. Комплексная оптимизация теплосиловых систем. / Под ред. Попырина Л. С. М.: Наука, Сиб. Отд-ние, 1976. 318 с.
67. Юфа А. И., Носулько Д. Р. Комплексная оптимизация теплоснабжения. М.: Киев: Техника, 1988. 134 с.
68. Борде И. И. Эксергетический анализ тепло- и массообменных установок. М.: Рижский Политех. институт, 1970. 162 с.
69. Евенко В. И. Эксергетическая оценка термодинамического совершенства компрессоров // Теплоэнергетика. 1997. №3. С. 59-63.
70. Ипатов В. Б. Эксергетический анализ теплоэнергетического оборудования и определения тарифов в АО «Дальэнерго»: Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н. Спец: 05.14.04. Владивосток. 1999. 286 с.
71. Прохоров В. И., Шилкопер С. М. Метод вычисления эксергии влажного воздуха // Холодильная техника. 1981. №9. С. 37-47.
72. Хлебалин Ю. М., Николаев Ю. Е. Эксергетический анализ системы ТЭЦ-потребитель // Техно-экономическая оптимизация и повышение эффективности тепловых электростанций. Саратов, 1977. Вып.1. С.22-25.
73. Ченджне Ф., Флорес В. Ф., Ордонес Дж.К., Ботеро Е. А. Эксергоэкономический анализ систем // Теплоэнергетика. 2001. №1. С.74-79.
74. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. М.: Энергия, 1968. 128 с.
75. Шилкопер С. М., Жадин С. И. Эксергетический анализ систем обеспечения микроклимата и энергосбережения // Строительство и архитектура. 1982. №4. С.18-27.
76. Янтовский Е. И. Метод расчета термодинамической эффективности по сумме удельных затрат эксергии // Достижения и перспективы. М.: Межд. Центр. Науч. И техн. Информации. 1984. Вып. 32 (Энергетика, Топливо). №6. С. 82-94.
77. Базаров И. П. Термодинамика: Учебник. 3-е изд., перераб. И доп. М.: Высш. шк., 1983. 344с.
78. Дж. Фен, Машины, энергия, энтропия: Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 336с.
79. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник / Амелистов Е. В, Григорьев В. А., Емцев Б. Т. [и др.]. М.: Энергоиздат, 1982. 512 с.
80. Луканин В. Н, Шатров М. Г., Камфер Г. М. [и др.] Теплотехника: Учеб. Для вузов. М.: Высш. Шк., 1999. 671 с.

81. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. Справочник / Под ред. Григорьева В. А. и Зорина В. М. М.: Энергия, 1980. 528 с.
82. Теплоэнергетика // Сборник научных трудов. М.: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. 197 с.
83. Техническая термодинамика и теплопередача. Учеб. Для вузов / Кушнырев В. И., Лебедев В. И., Павленко В. А. М.: Стройиздат, 1986. 464с.
84. Оносовский В. В. Моделирование и оптимизация холодильных установок: Учеб. Пособие. М.: Изд-во Лен. Ун-та, 1990. 208 с.
85. Бродянский В. М., Калинина Е. И. Совмещенная диаграмма эксергетических и стоимостных показателей // Доклады науч.-техн. конф. МЭИ. Секц. Промэнергетики. М.: Изд-во МЭИ, 1969. С. 28-37.
86. Бродянский В. М. Энергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973. 168 с.
87. Соколов Е. Я., Бродянский В. М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М.: Энергия, 1982.
88. Сорин М. В., Бродянский В. М. Методика однозначного определения эксергетического КПД технических систем преобразования энергии и вещества // Известия вузов. Серия Энергетика. 1985. №3. С. 78-88.
89. Эль-Саид И., Эванс Р. Термозкономика и проектирование теплотехнических систем // Тр. Американского об-ва инженеров-механиков. Сер. А. Энергетические машины и устройства. 1970. №1. С. 22-30.
90. Энергетические расчеты технических систем: Справочное пособие. / Под ред. Долинского А. А., Бродянского В. М. М.: Киев: Наук. Думка, 1991. 359 с.

References

1. Dakwalea V. A., Ralegaonkara R. V., Mandavganec S. Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // Sustainable Cities and Society. 2011. Vol. 1. Issue 4. Pp. 211–218.
2. Patterson M. G. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues // Energy Policy. 1996. Vol. 24. Issue 5. Pp. 377–390.
3. Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council on Energy End – use Efficiency and Energy Services // Official Journal of the European Union. 2006. Vol. 49. Pp. 64 – 85.
4. Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply. Federal Ministry of Economics and Technology. Berlin, (BMW) Public relations. 2010. 32 p.
5. Second National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP) of the Federal Republic of Germany. Federal Ministry of Economics and Technology. Berlin, (BMW) Public Relations. 2011. 110 p.
6. Long-term Climate and Energy Strategy. // Motiva OY, 2001. URL: http://www.motiva.fi/en/energy_in_finland/national_climate_and_energy_strategy. (Date of reference: 1.11.2012)
7. Sorumen P. *Energoeffektivnost' zdaniy. Situatsia v Finlandii*. [Energy efficiency of buildings. The situation in Finland] // Magazine of Civil Engineering. 2010. Vol. 1. Pp. 7-8. (rus)
8. Second National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP) of Finland. // Build Up, 2011. URL: <http://www.buildup.eu/publications/20807>. (Date of reference: 13.12.2012)
9. *Rasporyazheniye pravitelstva Rossijskoj Federatsii from 13.11.2009 N 1715-p. Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda*. [Government Directive of the Russian Federation from 13.11.2009 N 1715-p. The power strategy of Russian Federation -2030]. (rus)
10. Gorshkov A. S., Baykova S. A., Kryanev A. S. Normativnoye I zakonodatelnoye obespecheniye gosudastvennoj programmy ob energosberezhenii I povyshenii energeticheskoy effektivnosti zdaniy I primer ee realizatsii na regionalnom urovne [Regulatory and legal support of the state program on energy saving and energy efficiency of buildings and an example of its implementation at the regional level] // Engineering systems «AVOK North-West». 2012. Vol. 3. Pp. 24-32. (rus)
11. Gagarin V. G., Kozlov V. V. *Teplozaschita I energoeffektivnoct' v projecte actualisirovannoj redaktsii SNiP "Teplovaya zaschita zdaniy"* [Thermal protection and energy efficiency in the version of SNiP "Thermal protection of buildings"] // Engineering systems «AVOK North-West». 2012. Vol. 1. Pp. 10-17. (rus)
12. Vdovin V. M. Surkova L. E. Valentinov V. A. *Teoria system I systemnij analis*. [The theory of systems and the system's analysis]. Tutorial. 2nd edition. M.: Dashkov and Co, 2012. 640 pp. (rus)

13. Morozov L. M., Petukhov G. B., Sidorov B. H. *Methodologicheskiye osnovy teorii effektivnosti* [Methods of energy efficiency theory]. M.: VIKI, 1982. 236 pp. (rus)
14. Druzhinin V. V., Kontorov D. S. *Sistemotekhnika* [System engineering] M.: Radio and network, 1985. 200 p. (rus)
15. GOST 25.866-83. *Exploatatsia tehniki. Terminy i opredeleniya*. [Operation of equipment. Terms and definitions]. (rus)
16. GOST R 51541-99. *Energoberezheniye. Energeticheskaya effektivnost'. Sostav pokazateley. Obshchie polozheniya*. [Energy saving. Energy efficiency. The list of indexes. General positions]. (rus)
17. Somov V. V., Morozov B. I. *Analiz cherecheristic otopitelno-proizvodstvennykh kotel'nykh s ispolsovaniyem economic-matematicheskikh metodov* [The analysis of heating characteristics and industrial boilers using economic and mathematical methods] // *Nauchniye i prakticheskiye voprosy sovershenstvovaniya teploenergeticheskikh ustanovok maloj moschnosti*. 3rd edition. St. Petersburg: VISI, 1996. 156 pp. (rus)
18. Brodyanskiy V. M., Fratsher V., Mikhalek K. *Exergeticheskiy method i ego prilozheniya* [Exergic method and its applications]. M.: *Energoatomisdat*, 1988. 288 pp. (rus)
19. *Ventilyatsiya i otopleniye tzezhov mashinostroytelnykh predpriyatij*. [HVAC of engineering companies' departments] / Gritmitlin M. I., Posin G. M., Timofeeva O. N. 2nd edition. M.: Mashinostroyeniye, 1993. 287 p. (rus)
20. *Vologdin S. V. Issledovanie i optimizatsia regimov teplosnabzheniya zdaniy, obsluzhivayemykh zentralizovannym istochnikom tepla* [Research and optimization of heating buildings served by a central heating source]. Dissertation abstract: Specialty code. 05.13.16. Izhevsk, 2000. 19 p. (rus)
21. *Boguslavskiy L. D. Snizheniye rashoda energii pri rabote sistem otolpeniya, ventilatsii i kondicionirovaniya vozduha* [Decrease of energy consumption with operation of heating, ventilation and air-conditioning systems]. M.: *Stroyizdat*, 1982. 256 p. (rus)
22. *Puti povysheniya effektivnosti sistem teplosnabzheniya* [Ways of increasing an efficiency of heat supply systems] // Collection of articles. M.: *ZBNTI, MMCC, USSR*, 1991. 20 p. (rus)
23. *Actual'nye problemy razvitiya sistem tepogazosnabzheniya i ventilatsii* [Actual problems of development of heating supply and ventilation systems] // Collection of articles. Saratov State Technical University n.a. Y. Gagarin. Saratov, 1998. 83 p. (rus)
24. *Kokorin O. Y. Energoberegayischiye technologii funktsionirovaniya sistem ventilatsii, otopleniya, kondicionirovaniya vosduha (system VOK)* [Energy-saving technology of ventilation, heating, air conditioning systems (system VOK)]. M., 1999. 206 p. (rus)
25. *Kuritsin B. N. Osnovy energosberezheniya v otopitelno-ventilyatsionnoj tehnike* [Bases of energy-saving technologies in HVAC]. M, 1996. 100 p. (rus)
26. *Levental G. V., Popyrin L. S. Optimizatsia teploenergeticheskikh ustanovok* [Optimization heat power installations]. M.: *Energia*, 1970. 350 p. (rus)
27. *Leznov B. S. Economia electroenergii v nasosnukh ustanovkah* [Energy savings in pump installations]. M.: *Energoatomizdat*, 1991. 144 p. (rus)
28. *Energoberezheniye v sistemakh traditsionnogo i alternativnogo teploshabzheniya* [Energy saving in traditional and alternative heating systems] / Melkumov V. N., Sotnikova O. A., Turbin V. S., Kitaev D. N., Sorokin R. V. // *AVOK*. 2004. Vol. 2. Pp. 62-66. (rus)
29. *Novgorodskiy E. E. Energoberegayischiye ustanovki teplosnabzheniya, ventilatsii i konditsionirovaniya vozduha* [Installations for energy saving in HVAC]: Study guide. Rostov na Donu: *RISI*, 1991. 124 p. (rus)
30. *Novikov I. I., Kruzhillin G. N., Ananiev E. P. Ispol'zovanie topliva v energetike Rossii* [Fuel use in the Russian energy sector] // *Izvestiya Acad. Nauk. Energetica*. 1996. Vol. 5. Pp. 421-470. (rus)
31. *Shneider D.A. Avtomatisatsia upravleniia sistemami teplosnabzhenia promyshlennykh ob'ektov pri nizkotemperaturnykh rezhimakh*. Dissertation abstract: Specialty code. 05.13.06. Cheliabinsk, 2003. 18 p. (rus)
32. *Exploatatsiya teplovykh punktov sistem teplosnabzheniya* [Exploitation of substations of heat supply systems] / Vitaliev V. P., Nikolaev V. B., Poryvaj G. A., Seldin N. N. M.: *Stroyizdat*, 1985. 382 p. (rus)
33. *Boguslavskiy L. D. Energosnabzheniye v sistemakh teplosnabzheniya, ventilatsii i konditsionirovaniya vozduha* [Energy saving and HVAC systems] Reference Manual. M.: *Stroyizdat*, 1990. 624 p. (rus)
34. *Majorov V. A. Peredacha teploty cherez okna* [A transfer of heat through windows] // *Engineering systems «AVOK NORTH-WEST»*. 2012. Vol. 1. Pp. 46-61. (rus)
35. *Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building* / Vatin N. I., Nemova D. V., Rymkevich P. P., Gorshkov A. S. // *Magazine of Civil Engineering*. 2012. Vol. 8(34). Pp. 4-14. (rus)

36. Petrosova D. V. *Filtratsia vosduha cherez ograzhdauschie konstruktzii* [Filtration of air through the building envelope] // Magazine of Civil Engineering. 2012. Vol. 2(28). Pp. 24-31. (rus)
37. Grinfeld G. I., Kuptareva P. D. *Kladka iz autoclavnogo gasobetona s naruzhnym utepleniem. Osobennosti vlazhnostnogo rezhima v nachal'nyj period expluatatsii* [Autoclaved aerated concrete masonry with external insulation. Features of moisture conditions in initial period of operation] // Magazine of Civil Engineering. 2011. Vol. 8(26). Pp. 41-50. (rus)
38. Kurenkova A. U., Kuzmenko A. V., Kurenlova O. M. *Formula steklopaketa dlya zdaniy povyshennoj etazhnosti* [The formula for glasses of high-rise buildings] // Magazine of Civil Engineering. 2011. Vol. 8(26). Pp. 63-68. (rus)
39. Averyanova O. V. Economic efficiency of energy saving solutions // Magazine of Civil Engineering. 2011. Vol. (23). Pp. 53-59. (rus)
40. Samarin O. D., Zaytsev N. N. *Vliyaniye orientatsii osteklennykh fasadov na summarnoye energopotrebleniye zhilykh zdaniy* [The influence of facades' orientation on the total energy consumption of residential buildings] // Magazine of Civil Engineering. 2010. Vol. 8(18). Pp. 16-20. (rus)
41. Gurevich A. M., Gurevich B. A. *Parovoj kotel s kombinirovannoy zirkulyatsiej* [A steam boiler with a combined circulation] // Engineering systems «AVOK NORTH-WEST». 2012. Vol. 2. Pp. 60-62. (rus)
42. Averyanova O. V. *Energoberegauschie technicheskiye resheniya dlya mestno-zantral'nykh sistem obespecheniya mikroklimata pri ispol'sovanii teplovykh nasosov v kachestve mestnykh agregatov, obedinennykh v edinyj vodyanoy kontur* [Energy-saving solutions for local-central systems provide climate using heat pumps as local units, combined into a single water circuit] // Magazine of Civil Engineering. 2011. Vol. 1(19). Pp. 37-45. (rus)
43. Averyanova O. V. *Klimaticheskkiye sistemy s teplovymi nasosami i vodyanym konturom* [Climate systems with heat pumps and water circuit] // Magazine of Civil Engineering. 2009. №2(4). Pp. 19-22. (rus)
44. Andruschenko A. I. *Kombinirovaniye teplofatsionnykh sistem – sposob povysheniya ekonomichnosti i nadezhnosti teplosnabzheniya* [Combination of heating systems – as the way to improve the efficiency and reliability of heat] // Izvestiya vuzov i energeticheskikh obedineniy SNG. Energetica. 1995. Vol. 3-4. Pp. 3-4. (rus)
45. Petrushkin A. V. *Metodika rescheta ekonomii topliva v kombinirovannoy sisteme teplofatsii* [Methods of calculating the fuel economy of combined system of district heating] // Jubilee collection of scientific papers. Saratov: Saratov State Technical University n.a. Y. Gagarin., 1997. Pp. 72-78. (rus)
46. *Povysheniye effektivnosti i nadezhnosti teploenergeticheskogo oborudovaniya sistem i kompleksov* [Improving of efficiency and reliability of power equipment, systems and complexes] // Collection of articles. Saratov State Technical University n.a. Y. Gagarin. Saratov, 1996. 173 p. (rus)
47. Popyrin L. S. *Matematicheskoye modelirovaniye i optimizatsiya teploenergeticheskikh ustanovok* [Mathematical modeling and optimization of heating installations. M.: Energiya, 1978. 428 p. (rus)
48. Popyrin L. S., Samusev. I., Epelshtein V. V. *Avtomatizatsiya matematicheskogo modelirovaniya teploenergeticheskikh ustanovok*. [Automation of mathematical modeling heat power installation]. M.: Nauka, 1981 236 pp. (rus)
49. *Sovershenstvovaniye metodov rascheta sistem teplohladosnabzheniya* // Trudy Zentr. Nii. Proektno-experim. In-t inzh. oborud., gorodov, zhilykh i obschestv. zdaniy [Improvement of calculation of systems teplohladosnabzheniya]. / Editor Grogoriev V. S. M., 1991 58 p. (rus)
50. Koroleva T. I. *Economicheskaya effektivnost' energoberezheniya kapital'nykh vlozheniy v sistemah otopleniya i ventilyatsii* [Economic efficiency of energy-saving investments in heating systems and ventilation]. M.: Penza, 1997. 43 p. (rus)
51. Anokhin A. B., Khalepa A. A. *Investitsionnaya ozenka rekonstruktsii sistemy teplosnabzheniya predpriyatiya* [Investment valuation of reconstruction of a company's heat supply] // AVOK. 1998. Vol. 2. Pp. 34-35. (rus)
52. Gromov B. N., Yaroshinskiy A. Y. *Problemy upravleniya rezhimami teplosnabzhauschikh sistem v avarijnykh i posleavarijnnykh situatsiyakh. Matematicheskoye modelirovaniye truboprovodnykh sistem* [Problems of management of heat supply systems' modes in emergency and post-emergency situations. Mathematical modeling of piping systems]. Irkutsk: SEI SO RAN, 1988. Pp. 207-218. (rus)
53. Sennova E. V., Sidler V. G. *Matematicheskoye modelirovaniye i optimizatsiya razvivayishchikhsya teplosnabzhauschikh sistem* [Mathematical modeling and a optimization of developing heat supply systems]. M.: Nauka, 1987. 221 p. (rus)
54. Merenkov A. P., Sumarokov S. V., Sennova E. V. *Matematicheskoye modelirovaniye i optimizatsiya sistem teplo-, vodo-, nefte- gasosnabzheniya* [Mathematical modeling and optimization of heat, water, oil and gas systems]. M.: Nauka, 1992. 407 p. (rus)

55. *Matematicheskoye modelirovaniye I optimizatsiya teplovykh processov v teploenergeticheskikh ustanovkakh* [Mathematical modeling and optimization of thermal processes in thermal power installations] // *Interuniversity collection of scientific works. Kujbyshev: KPI, 1990. 142 p. (rus)*
56. *Melentiev L. A. Metodologiya sistemnyh issledovaniy v energetike* [Methodology of System Research in power engineering] // *Selected works. M.: Nauka. Fizmatlit, 1995. 301 p. (rus)*
57. *Clarke J. A. Energy Simulation in Building Design. Second Edition. 2012. 384 p.*
58. *Rotach V. Y. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya teploenergeticheskimi processami* [Theory of automatic control of heat power processes]. M.: *Energoatomizdat, 1985. 296 p. (rus)*
59. *Latyshev G. V. Postroyeniye energoeffektivnyh resheniy na base otkrytyh protokolov* [Making energy-efficient solutions which based on an open protocols] // *Engineering systems "AVOK North-West". 2012. Vol. 4. Pp. 58-67. (rus)*
60. *Avtomatizirovannye sistemy teplosnabzheniya i otopleniya* [Automated heat supply systems] / *Chistovich S. A., Averyanov V. K., Tempel Y. A., Bykov S. I. M.: Stroyizdat, 1987. 248 p. (rus)*
61. *Kokorin O. Y. Energoberegauschiye tehnologii funkcionirovaniya sistem ventilyatsii, otopleniya, kondizionirovaniya vozduha (sistem VOK)* [Energy-saving technology of functioning of ventilation, heating and air conditioning (systems VOK)] M., 1999. 206 p. (rus)
62. *Kruglov G. A. Monitoring i resursoberezhniye v sistemah otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozduha* [Monitoring in heating, ventilation and air conditioning systems.] M.: REKPOL, 1998. 192 p. (rus)
63. *Malaya E. M. Energoberezhniye v sistemah teplosnabzheniya* [Energy saving in heating systems]. Saratov, 1999. 95 p. (rus)
64. *Andruschenko A. I. Nekotorye puti uvelicheniya ekonomii topliva ot teplofikatsii i opredeleniye effektivnosti TEZ v energosisteme* // *Problemy energoberezhniya. Kiev, 1995. Vol. 2-3. Pp. 99-105. (rus)*
65. *Kafarov V. V., Meshalkin V. P., Gurjeva L. V. Optimizatsiya obmennykh processov i sistem. [Optimization of heat exchange processes and systems]* M.: *Energoatomizdat, 1988. 192 p. (rus)*
66. *Kompleksnaya optimizatsiya teplosilovykh sistem* [Complex optimization of heat power systems] / *Popyrin L. S. M.: Nauka (Syberia), 1976. 318 p. (rus)*
67. *Ufa A. I., Nosulko D. R. Kompleksnaya optimizatsiya teplosnabzheniya* [Complex optimization of heat supply] M-Kiev, *Tehnika, 1988. 134 p. (rus)*
68. *Borde I. I. Exergeticheskii analys teplo- i massoobmennykh ustanovok* [Exergy analysis of of heat and mass transfer systems]. *Riga Technical University, 1970. 162 p. (rus)*
69. *Evenko V. I. Exergeticheskaya ozenka termodinamicheskogo sovershenstva kompressorov* [Exergetic rating of thermodynamic perfection compressors] // *Teploenergetica. 1997. Vol 3. Pp. 59-63. (rus)*
70. *Ipatov V. B. Exergeticheskii analys teploenergeticheskogo oborudovaniya i opredeleniya tarifov v AO "Dal'energo"* [Exergic analysis of thermal power equipment and determining tariffs JSC "Dalenergo."] Dissertation of Ph. D. Speciality number: 05.14.04. Vladivostok, 1999. 286 p. (rus)
71. *Prokhorov V. I., Shilkoper S. M. Method vychisleniya exergii vlazhnogo vozduha* [Method of calculating exergy of moist air] // *Holodilnaya tehnika. 1981. Vol. 9. Pp. 37-47. (rus)*
72. *Khlebalya Y. M., Nikolayev Y. E. Exergeticheskii analys sistemy TEZ-potrebytel* [Exergy analysis of of CHP Plant-consumer] // *Tehniko-ekonomicheskaya optimizatsiya I povysheniye effektivnosti teplovykh electrostantsiy. Saratov, 1977. Vol.1. Pp. 22-25. (rus)*
73. *Exergoeconomicheskii analys sistem / Chendzhne F., Flores V. F., Ordones J. K., Botero E. A. // Teploenergetica. 2001. Vol. 1. Pp.74-79. (rus)*
74. *Shargut Y., Petela P. Exergy. M.: Energiya, 1968. 128 p. (rus)*
75. *Shilkoper S. M., Zhadin S. I. Exergeticheskii analys sistem obespecheniya mikroklimata i energoberezhniya* [Exergy analysis of systems providing climate and energy] // *Stroitelstvo i architectura. 1982. Vol. 4. Pp.18-27. (rus)*
76. *Yantovskiy E. I. Method rescheta termodinamicheskoy effektivnosti po summe udel'nykh zatrat exergii* [Method of calculation of the thermodynamic efficiency on the sum of unit exergy costs] // *Dostizheniya i perspektivy. M.: MZNI. 1984. Vol. 32. Issue 6. Pp. 82-94. (rus)*
77. *Bazarov I. P. Termodinamika* [Thermodynamics]: Schoolbook. 3rd edition. M.: *Vyshaya shkola., 1983. 344 p. (rus)*
78. *Fen J. Mashiny, energiya, entropiya* [Machinery, energy, entropy]. *Mir, 1986. 336 p. (rus)*
79. *Teplo- i massoobmen. Teplotehnicheskii eksperiment.* [Heat and mass transfer. Thermal experiment] Reference book / *Ametistov E. V., Grigor'ev V. A., Emtsev B. T. [et al.]. M.: Energoizdat, 1982. 512 p. (rus)*

80. *Lukanin V. N., Shatrov M. G., Kamfer G. M.* [et al.] *Teplotehnika* [Heat engineering]: Schoolbook. M.: *Vyshaya schkola.*, 1999. 671 p. (rus)
81. *Teplotenergetika i teplotehnika: Obshie voprosy.* [Heat power engineering and heat transfer engineering: General questions] Reference book / *Grigorjev V. A., Zorin V. M.* M.: *Energiya*, 1980. 528 p. (rus)
82. *Teplotenergetika* [Heat Power Engineering] // The collection of proceedings. M.: *Novosibirsk: NGTU Publishing*, 1998. 197 p. (rus)
83. *Tekhnicheskaya teploperedacha i termodinamika.* [Engineering Thermodynamics and Heat Transfer]. Schoolbook / *Kushnyrev V. I., Lebedev V. I., Pavlenko V. A.* M.: *Stroyizdat*, 1986. 464 p. (rus)
84. *Onosovskiy V. V. Modelirovaniye i optimizatsiya kholodyl'nyh ustanovok* [Modeling and optimization of refrigeration systems]: Schoolbook. M.: *Len. Univ. Publishing*, 1990. 208 p. (rus)
85. *Brodyanskiy V. M., Kalinina E. I. Sovmeshchennaya diagramma exergeticheskyyh i stoimostnyh pokazatelej* [Combined diagram of exergetic and value indicators] // *Doklady konf MEI.* M.: *MEI Publishing*, 1969. Pp. 28-37. (rus)
86. *Brodyanskiy V. M. Energeticheskyy method termodinamicheskogo analiza* [The energy method of thermodynamic analysis]. M.: *Energiya*, 1973. 168 p. (rus)
87. *Sokolov E. Y., Brodyanskiy V. M. Energeticheskiye osnovy transformatsii tepla i processov ohlazhdeniya.* [Energy transformation of heat and cooling processes] M.: *Energiya*, 1982. (rus)
88. *Sorin M. V., Brodyanskiy V. M. Metodika odnoznachnogo opredelinya eksergeticheskogo KPD tekhnicheskyyh sistem preobrazovaniya energii i veschestva* [Technique unique determination of energetic efficiency technical systems convert of energy and substance] // *Izvestiya vysov.* 1985. Vol. 3. Pp. 78-88. (rus)
89. *El-Said I., Evans P. Thermoeconomica i proektirovaniye teplotekhnicheskyyh sistem* [Thermoeconomica and designing of thermal systems] // *Proceedings of the Society of American Mechanical Engineers.* 1970. Vol. 1. Pp. 22-30. (rus)
90. *Energeticheskiye raschety tekhnicheskyyh sistem: Spravochnoye posobie.* [Energy calculations of technical systems: The Reference Guide] / *Dolinskiy A. A., Brodyanskiy V. M.* Kiev: *Nauka, Dumka*, 1991. 359 p. (rus)