



**ВЕСТНИК ПНИПУ.  
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА  
Т. 9, № 3, 2018  
PNRPU BULLETIN.  
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**  
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2018.3.08

УДК 697.34

## МЕСТО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ГОРОДЕ

**С.В. Чичерин**

Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 22 декабря 2017

Принята: 23 апреля 2018

Опубликована: 28 сентября 2018

#### Ключевые слова:

тепловая сеть, надежность, отопление, пункт, узел, энергия, потребление, схема, эксплуатация.

### АННОТАЦИЯ

Из-за связанной с распадом Советского Союза стагнации промышленного производства, постепенного старения коммунальной инфраструктуры сейчас ставится вопрос об отказе от централизованного теплоснабжения, в частности ликвидации крупных источников и тепловых сетей. Изменился и характер потребителей тепловой энергии. Вопросу места теплоснабжения в условиях современного населенного пункта, внедрению новых технологий на базе энергосберегающих посвящена настоящая работа.

Должны решаться вопросы, связанные: с целесообразностью применения ЦТП, комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии, применением на тепловых сетях и во внутридомовых системах трубопроводов из антикоррозионных материалов, обоснованием срока эксплуатации и снижением расчетных температур теплоносителя.

Доля выработки энергии на нужды холодоснабжения несоизмерима меньше соответствующей доли тепловой энергии. Исследование технической составляющей показало умеренную приверженность основополагающим идеям энергосбережения, так как нерациональное использование ископаемого топлива все еще широко встречается, особенно в Китае и России. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии получили наибольшее распространение в странах Европейского Союза. При этом теплоснабжение наряду с вентиляцией, кондиционированием воздуха, газоснабжением и освещением – неизбежный элемент строительно-архитектурного комплекса любого населенного пункта, находящегося в умеренных широтах. Изменения в инфраструктуре теплоснабжения оказывают существенное влияние на городской ансамбль. Текущие изменения главным образом связаны с вовлечением в процесс генерации энергии нетрадиционных и возобновляемых источников. В условиях сурового климата основным отличием теплоснабжения от других средств бытового жизнеобеспечения являются повышенные требования к надежности, что делает его особой отраслью ЖКХ и определяет его место в современном городе.

© ПНИПУ

## **DISTRICT HEATING FOR A URBAN SUSTAINABLE FUTURE**

**S.V. Chicherin**

Omsk State Transport University, Omsk, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 22 December 2017  
Accepted: 23 April 2018  
Published: 28 September 2018

#### *Keywords:*

distribution, network, failure, space heating, substation, energy, load, consumption, design, layout operation.

### ABSTRACT

Civil engineers have no organised collaboration with cities concerning district heating, even though Russian cities has well-developed district heating experiences supported by the former Soviet Union model. This project has five different goals: (1) an overall presentation building substation systems instead of group ones, (2) an overview mapping of cogeneration and trigeneration for prosumers, (3) the analysis of properties of the steel alloys used for pipes of the district heating transmission system, 4) service life prediction, and (5) identification of possibility for renewable energy for urban sustainability.

We propose five collaboration activities such as (1) introduction of system with multiple heat sources; (2) planning for district heating and cooling networks; (3) improving the dimensioning of piping networks and network layouts; (4) study on supply temperature optimization; and (5) utility placement via multi-utility tunnels.

The volumes of district cold deliveries in the world are currently much smaller than district heat deliveries. The technical context showed moderate commitment to the fundamental idea of energy saving, since direct use of fossil fuels in boilers is still high, especially in Russia and China. The use of heat recycling and renewable heat is higher in the European Union compared to the rest of the world. District heating is growing rapidly as building areas are expanding fast giving increased heating and cooling demands. There is a need to use more sustainable heat supply options in these expanding district heating systems. District heating has a bad reputation only by the grace of malfunctioning. Current technology use is committed to the second and third generation of district heating technologies.

© PNRPU

---

## **Введение**

Современный город – крупный потребитель топливно-энергетических ресурсов, необходимых для жизнеобеспечения населения, а также нормального функционирования расположенных на его территории промышленных предприятий и учреждений. В XX в. теплоснабжение в городах стало таким же обычным явлением, как и электро-, газо- и водоснабжение, которые возникли задолго до появления первых источников теплоснабжения и тепловых сетей.

В городах увеличивалась протяженность тепловых сетей, вводились локальные котельные как для покрытия технологических нужд, так и для удовлетворения тепловых нагрузок жилищно-коммунального сектора. Из-за связанной с распадом Советского Союза стагнации промышленного производства, постепенного старения коммунальной инфраструктуры сейчас ставится вопрос об отказе от централизованного теплоснабжения, в частности ликвидации крупных источников и тепловых сетей [1]. Изменился и характер потребителей тепловой энергии. Вопросу места теплоснабжения в условиях современного населенного пункта, внедрению новых технологий на базе энергосберегающих и посвящена настоящая работа. Уже имеющиеся подобные публикации представляют собой либо обзор тенденций развития в глобальном контексте [2–4] либо анализ состояния отрасли в других странах и городах: Швеции [5], США [6], Европе в целом [7], городах Саранске [8] и Кемерово [9], Архангельской и Владимирской областях [10, 11].

## Обзор иностранной и отечественной литературы

Руководящим документом РМД 41-11–2012 «Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге» при определении технической политики техническим заказчиком, а также при реконструкции и эксплуатации современных систем теплоснабжения Санкт-Петербурга предписывается руководствоваться положениями СП 124.13330.2012 «Тепловые сети (актуализация СНиП 41-02–2003)», Постановлением Правительства Санкт-Петербурга № 1661 от 25.12.2007, а также следующими принципами:

1. Применение многоконтурных схем транспортировки тепла потребителям, приготовление ГВС в местах потребления через автоматизированные ЦТП, автоматизированные ИТП при децентрализованном теплоснабжении от ТЭЦ и котельных мощностью свыше 50 МВт.

Происходящая в настоящее время ликвидация ЦТП [12] и переход на двухтрубную схему теплоснабжения приводит к высвобождению помещений ЦТП [13]. Сами по себе тепловые пункты становятся объектом изучения с точки зрения как расчетных режимов их работы [14], так и правильной наладки тепловой сети, обеспечивающей доставку тепловой энергии до них [15].

2. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии для котельных мощностью от 12 МВт и выше.

Теплофикация заметно улучшает использование топлива на тепловых электростанциях вследствие объединения процесса выработки электрической энергии с получением теплоты для централизованного теплоснабжения. Удешевление теплоснабжения возможно и благодаря одновременной выработки энергии на нужды тепло- и холодоснабжения [16, 17]. На ТЭЦ ликвидируется бесполезный отвод теплоты в окружающую среду при превращении химической энергии топлива в электрическую [18, 19].

3. Применение на тепловых сетях и во внутридомовых системах трубопроводов из антикоррозионных материалов [20] и современной запорной арматуры.

В условиях плотной городской застройки и наличия большого числа смежных коммуникаций наиболее перспективны напорные асбоцементные трубы и муфты (по ГОСТ 539–80), биметаллические трубы [21] и оцинкованные стальные трубы из углеродистой стали. Для снижения повреждаемости объектов трубопроводной инфраструктуры следует использовать ингибиторы коррозии [22]. Содержащийся в теплоносителе кислород также способствует развитию внутренней коррозии и отрицательно влияет на состояние трубопроводов тепловой сети [23].

4. Обоснование срока эксплуатации не менее 30 лет, сроков гарантий подрядчика и производителя не менее 10 лет для основных предизолированных элементов тепловой сети (трубы, фасонные изделия, неподвижные опоры, запорная арматура) наличием необходимых документов о качестве (сертификатов, разрешений на применение, паспортов, актов и отчетов о лабораторных и контрольных испытаниях), подтверждающих соответствие действующим нормативным требованиям.

Задача обеспечения заданного периода эксплуатации находится в области нормативного регулирования и исследуется с упором на обоснование мер по поддержанию безаварийной работы [24], а влияние факторов, связанных со строительно-монтажными работами и эксплуатацией, на срок службы оценивается в целой серии работ [25–27].

В России применительно к предизолированным трубопроводам существует СП 41-105–2002 «Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной проклад-

ки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией из ППУ в ПЭ оболочке» и другие регулирующие документы. Вопросы административного обеспечения нормативного срока службы трубопроводов описаны О.О. Прытковой, которая проанализировала изменения в законодательстве в сфере теплоснабжения России [28].

Добиться практического ужесточения существующей политики обеспечения гарантий подрядчика и производителя можно обязательным введением стандартов 70264433-4-2-2009 «Порядок проведения плановых и внеплановых проверок предприятий по производству труб и фасонных изделий в ППУ изоляции для тепловых сетей» и 70264433-4-8-2012 «Правила технической приемки Заказчиками элементов трубопроводов в ППУ изоляции для тепловых сетей от производителей/поставщиков».

Заметен вклад Д.А. Максимова [29] в методологическое обеспечение работы единой теплоснабжающей организации.

5. Снижение расчетных температур теплоносителя в стояках жилых зданий и во внешних трубопроводах тепловой сети (до теплового пункта) при реконструкции или новом строительстве жилых кварталов в зоне теплоснабжения децентрализованного теплоисточника.

В целом же децентрализация и связанная с ней возможность применения нетрадиционных и возобновляемых тепловых источников – это один из мировых трендов, четко прослеживаемый в современных публикациях [30–34] и поддерживаемый отечественными авторами.

## **Заключение**

Теплоснабжение наряду с вентиляцией, кондиционированием воздуха, газоснабжением и освещением – неизбежный элемент строительно-архитектурного комплекса любого населенного пункта, находящегося в умеренных широтах. Изменение в инфраструктуре теплоснабжения оказывают существенное влияние на городской ансамбль. Внешний облик города способны изменить крышные панели и располагаемые прямо внутри городских кварталов экологичные источники тепловой энергии. Наряду с дальнейшим совершенствованием источников тепловой энергии оптимальным образом должны решаться вопросы, связанные с ее транспортом, в части схемных, режимных и конструктивных мероприятий, всего выделено пять таких вопросов. Применяемые схемы и конфигурация тепловых сетей определяют их размещение на карте города, способ проложения относительно зданий и сооружений и связанные с этим затраты. Некоторые схемные решения, такие как устройство дополнительных резервных связей (перемычек) между линиями тепловых сетей, могут привести к отчуждению дополнительного пространства, ликвидация ЦТП, наоборот, – к высвобождению полезных площадей. Установка сильфонных компенсаторов позволит снизить количество видимых парений, их меньшие габариты оказывают влияние на возможную трассу прокладки тепловой сети. Показана деятельность отрасли с позиций технического регулирования. Подавляющее число отечественных авторов в качестве способов энергосбережения отмечают учет тепловой энергии, внедрение систем энергетического менеджмента, а особенно – более точный учет потерь тепловой энергии при ее транспортировке. У нас недостаточное внимание уделяется анализу аварийных ситуаций, разработке мер по их предупреждению, локализации и ликвидации последствий: не удалось выявить даже достаточное количество научных работ по этой теме. Децентрализация и связанная с ней возможность применения маломощных тепловых источников на возобновляемом топливе – это один из мировых трендов, четко прослеживаемый в со-

временных публикациях и, к сожалению, также незаслуженно упускаемый из виду в русскоязычных статьях.

В условиях сурового климата основным отличием теплоснабжения от других средств бытового жизнеобеспечения являются повышенные требования к бесперебойности, т.е. надежности. Надежность так или иначе имеет место во всех исследованиях. В схемах теплоснабжения городов вопросы надежности рассматриваются в следующих направлениях: кроме упомянутого анализа аварийных ситуаций, это обоснование гидравлического режима, температурного графика и способов регулирования теплопотребления и другие направления. В схеме теплоснабжения города должны найти отражение вопросы неудовлетворительного технического состояния тепловых сетей и невозможности их функционирования при соблюдении нормативного температурного графика, причинами чего являются: затратный принцип образования тарифов, отсутствие повсеместного учета тепла, непроведение испытаний на тепловые потери. Все это делает теплоснабжение особой отраслью ЖКХ не только с позиции значительной изношенности инфраструктуры, но и с точки зрения современных научных знаний и определяет его особую роль в жизнеобеспечении современного города.

*Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Правительства Российской Федерации (Приказ Минобрнауки № 860 от 29.08.2017). This research was supported by the Government of the Russian Federation under Project No. 860 (Decree dated August, 8 2017).*

## Библиографический список

1. Chicherin S.V. Problems of Omsk's District heating system and refurbishment // Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja. – 2018. – Vol. 4, no. 49. – P. 127–130.
2. Щелоков Я.М. Актуальность наилучших доступных технологий для теплоснабжения в ЖКХ // Энергосбережение. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 26–33.
3. Максимова Д.А. К вопросу о современном состоянии отрасли теплоснабжения // Актуальные вопросы научных исследований: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф. / Науч.-исслед. центр «Диалог». – 2018. – С. 40–43.
4. Lake A., Rezaie B., Beyerlein S. Review of district heating and cooling systems for a sustainable future // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – No. 67. – P. 417–425.
5. Werner S. District heating and cooling in Sweden // Energy. – 2017. – No. 126. – P. 419–429.
6. GIS-based assessment of the district heating potential in the USA / H.C. Gils, J. Cofala, F. Wagner, W. Schöpp // Energy. – 2013. – No. 58. – P. 318–329.
7. Trends of European research and development in district heating technologies / M.A. Sayegh, J. Danielewicz, T. Nannou, M. Miniewicz, P. Jadwiszczak, K. Piekarska, H. Jouhara // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – No. 68. – P. 1183–1192.
8. Прогнозирование и оценка теплопотерь в закрытой системе теплоснабжения на примере ОАО «СаранскТеплоТранс» / Н.С. Ларин, Д.В. Кузнецов, П.Н. Петрушкин, А.А. Фролов // Студент. Аспирант. Исследователь. – 2018. – № 1 (31). – С. 164–170.
9. Дреер А.Е. Производственный контроль системы центрального горячего водоснабжения на котельной г. Кемерово // Научные исследования: теория, методика и практика: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 288–289.
10. Сушко Д.А., Мельников В.М. Моделирование системы теплоснабжения поселка Вяткино Владимирской области // Вестник магистратуры. – 2018. – № 2–2 (77). – С. 39–41.

11. Гущина К.О. Развитие биоэнергетики в Архангельской области // Аллея науки. – 2018. – Т. 3, № 1 (17). – С. 389–392.
12. Дубсон М.И. Методы и способы контроля за техническим состоянием и эксплуатацией тепловых сетей и эффективной работой ИТП на опыте предприятия «Ригас Силтумс» // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 4 (92). – С. 14–20.
13. Шарапов А.И., Пешкова А.В. Повышение энергоэффективности теплоснабжения жилого здания // Особенности современного этапа развития естественных и технических наук: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 198–201.
14. Стенин В.А. К вопросу о регулировании системы теплоснабжения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 2–2. – С. 30–33.
15. Технология разработки эксплуатационных режимов крупных систем теплоснабжения на базе методов многоуровневого теплогидравлического моделирования / Н.Н. Новицкий, З.И. Шалагинова, В.В. Токарев, О.А. Гребнева // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2018. – № 1. – С. 12–24.
16. Оценка прогнозируемого энергозамещения зданий с использованием систем солнечного тепло- и холодоснабжения / Т.В. Щукина, Д.М. Чудинов, В.В. Шичкин, И.А. Потехин, Р.А. Шепс // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1 (4). – С. 54–61.
17. Теплонасосные системы теплохладоснабжения объектов московского метрополитена / Г.П. Васильев, В.Ф. Горнов, П.В. Шапкин, М.И. Попов, А.А. Бурмистров // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 14–25.
18. Chicco G., Mancarella P. From cogeneration to trigeneration: profitable alternatives in a competitive market // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2006. – No. 21 (1). – P. 265–272.
19. Лушин А.С., Извеков А.В. Оценка влияния завышения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе водяной тепловой сети на экономичность теплофикационной турбины ТЭЦ // Энергетик. – 2018. – № 2. – С. 41–43.
20. Чичерин С.В. Применение гибких предизолированных труб для теплоснабжения в России // Энергетик. – 2017. – № 12. – С. 20–21.
21. Возможность использования труб из двухслойных сталей для прокладки тепловых сетей / Ю.В. Балабан-Ирменин, А.М. Рубашов, И.Г. Родионова, А.Н. Рыбкин // Теплоэнергетика. – 2003. – № 12. – С. 39–41.
22. Очков В.Ф., Орлов К.А., Разгуляев Н.И. Вода в теплоснабжении и что-то вместо нее // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 1 (121). – С. 56–62.
23. Богданова О.С., Бирюзова Е.А. Коррозионная опасность изменения концентрации кислорода в сетевой воде // Наука и научный потенциал – основа устойчивого развития общества: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 127–129.
24. Збараз Л.И., Чичерин С.В. Методика оценки ущерба от аварийной ситуации в системе теплоснабжения // Науковий вісник будівництва. – 2017. – № 4 (90). – С. 218–224.
25. Fröling M., Holmgren C., Svanström M. Life cycle assessment of the district heat distribution system // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2004. – No. 9 (2). – P. 130–136.
26. Fröling M., Svanström M. Life cycle assessment of the district heat distribution system-Part 2: network construction // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2005. – No. 10 (6). – P. 425–435.

27. Определение тепловых потерь в закрытой системе теплоснабжения / Н.С. Ларин, Д.В. Кузнецов, П.Н. Петрушкин, А.А. Фролов // Студент. Аспирант. Исследователь. – 2018. – № 1 (31). – С. 171–175.
28. Прыткова О.О. Анализ изменений в законодательстве в сфере теплоснабжения РФ // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: материалы XIII междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 62–64.
29. Максимова Д.А. Единые теплоснабжающие организации: проблемы и стратегические направления развития деятельности // Наука сегодня: вызовы и решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 126–128.
30. Kammen D.M., Sunter D.A. City-integrated renewable energy for urban sustainability // *Science*. – 2016. – No. 352 (6288). – P. 922–928.
31. Atam E., Helsen L. Ground-coupled heat pumps: Part 1 – Literature review and research challenges in modeling and optimal control // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2016. – No. 54. – P. 1653–1667.
32. Идиева А.А., Пардаева Ш.С., Халикова А.М. Использование геотермальной энергии – ключ прогресса энергетической сферы // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 162–164.
33. Геотермальное теплоснабжение в московском регионе: температурный потенциал и рациональная глубина термоскважин / Г.П. Васильев, В.Ф. Горнов, А.Н. Дмитриев, М.В. Колесова, В.А. Юрченко // *Теплоэнергетика*. – 2018. – № 1. – С. 85–92.
34. Groundwater source heat pump application in the heating system of Tibet Plateau airport / J. Zhen, J. Lu, G. Huang, H. Zhang // *Energy and Buildings*. – 2017. – No. 136. – P. 33–42.

## References

1. Chicherin S.V. Problems of Omsk's District heating system and refurbishment. *Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja*, 2018, vol. 4, no. 49, pp. 127-130.
2. Shhelokov Ja.M. Aktual'nost' nailuchshih dostupnyh tehnologij dlja teplosnabzhenija v ZhKH [Relevance of the best available technologies for heat supply in housing and communal services]. *Jenergoberezenie*, 2018, vol. 2, no. 2, pp. 26-33.
3. Maksimova D.A. K voprosu o sovremennom sostojanii otrasli teplosnabzhenija [To the question of the current state of the heat supply industry]. *Aktual'nye voprosy nauchnyh issledovanij. Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Nauchno-issledovatel'skij centr «Dialog», 2018, pp. 40-43.
4. Lake A., Rezaie B., Beyerlein S. Review of district heating and cooling systems for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, no. 67, pp. 417-425.
5. Werner S. District heating and cooling in Sweden. *Energy*, 2017, no. 126, pp. 419-429.
6. Gils H.C., Cofala J., Wagner F., Schöpp W. GIS-based assessment of the district heating potential in the USA. *Energy*, 2013, no. 58, pp. 318-329.
7. Sayegh M., Danielewicz J., Nannou T., Miniewicz M., Jadwiszczak P., Piekarska K., Jouhara H. Trends of European research and development in district heating technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, no. 68, pp. 1183-1192.
8. Larin H.C., Kuznecov D.V., Petrushkin P.N., Frolov A.A. Prognozirovanie i ocenka teplopoter' v zakrytoj sisteme teplosnabzhenija na primere OAO «SaranskTeploTrans» [Prediction and estimation of heat loss in a closed heating system on the example of JSC «Saranskteplotrans»]. *Student. Aspirant. Issledovatel'*, 2018, no. 1 (31), pp. 164-170.

9. Dreer A.E. Proizvodstvennyj kontrol' sistemy central'nogo gorjachego vodosnabzhenija na kotel'noj g. Kemerovo [Production control of system of the Central hot water supply on boiler room Kemerovo]. *Nauchnye issledovaniya: teorija, metodika i praktika. Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, 2018, pp. 288-289.

10. Sushko D.A., Mel'nikov V.M. Modelirovanie sistemy teplosnabzhenija posjolka Vjat'kino Vladimirskoj oblasti [Modelling of heat supply system of the village of Vyat'kino Vladimir region]. *Vestnik magistratury*, 2018, no. 2-2 (77), pp. 39-41.

11. Gushhina K.O. Razvitie biojenergetiki v Arhangel'skoj oblasti [Bioenergy development in the Arkhangelsk region]. *Alleja nauki*, 2018, vol. 3, no. 1 (17), pp. 389-392.

12. Dubson M.I. Metody i sposoby kontrolya za tekhnicheskim sostojaniem i ekspluatatsiei teplovykh setei i effektivnoi rabote ITP na opyte predpriiatiia «Rigas Siltums» [Methods and methods of control over the technical condition and operation of heating networks and efficient operation of ITP on the experience of the company "Rigas Siltums"]. *Novosti teplosnabzheniya*, 2008, no. 4 (92), pp. 14-20.

13. Sharapov A.I., Peshkova A.V. Povyshenie jenergojektivnosti teplosnabzhenija zhilogo zdaniya [Energy efficiency improvement of residential building heating supply]. *Osobennosti sovremennogo jetapa razvitiya estestvennyh i tekhnicheskikh nauk. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, 2018, pp. 198-201.

14. Stenin V.A. K voprosu o regulirovanii sistemy teplosnabzhenija [To the question of regulation of heat supply system]. *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk*, 2018, no. 2-2, pp. 30-33.

15. Novickij N.N., Shalaginova Z.I., Tokarev V.V., Grebneva O.A. Tehnologija razrabotki jekspluatacionnyh rezhimov krupnyh sistem teplosnabzhenija na baze metodov mnogourovnevogo teplogidravlicheskogo modelirovanija [Technology of development of operating modes of large systems of heat supply on the basis of methods of multilevel thermal-hydraulic modeling]. *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Jenergetika*, 2018, no. 1, pp. 12-24.

16. Shhukina T.V., Chudinov D.M., Shichkin V.V., Potehin I.A., Sheps R.A. Ocenka prognoziruемого jenergozameshhenija zdaniy s ispol'zovaniem sistem solnechnogo teplo- i holodosnabzhenija [Estimation of the predicted energy substitution of buildings using solar heat and cold supply systems]. *Zhilishhnoe hozjajstvo i kommunal'naja infrastruktura*, 2018, no. 1 (4), pp. 54-61.

17. Vasil'ev G.P., Gornov V.F., Shapkin P.V., Popov M.I., Burmistrov A.A. Teplonasosnye sistemy teplohadosnabzhenija ob'ektov moskovskogo metropolitena [Heat pump system of heat supply facilities of the Moscow metro]. *AVOK: Ventiljacija, otoplenie, kondicionirovanie vozduha, teplosnabzhenie i stroitel'naja teplofizika*, 2018, vol. 2, no. 2, pp. 14-25.

18. Chicco G., Mancarella P. From cogeneration to trigeneration: profitable alternatives in a competitive market. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 2006, no. 21 (1), pp. 265-272.

19. Lushin A.S., Izvekov A.V. Ocenka vlijaniya zavyschenija temperatury setевой vody v podajushhem truboprovode vodjanoj teplovoj seti na jekonomichnost' teplofikacionnoj turbiny TJEC [Evaluation of the effect of increasing the temperature of network water in the delivery pipe of a water heating system on the efficiency of the extraction turbine CHP]. *Jenergetik*, 2018, no. 2, pp. 41-43.

20. Chicherin S.V. Primenenie gibkikh predizolirovannykh trub dlja teplosnabzhenija v Rossii [Flexible pre-insulated pipes use in Russian district heating systems]. *Energetik*, no 12, 2017, pp. 20-21.

21. Balaban-Irmenin Yu.V., Rubashov A.M., Rodionova I.G., Rybkin A.N. Vozmozhnost' ispol'zovaniia trub iz dvukhsloinykh stalei dlja prokladki teplovykh setei [The possibility of using pipe of two-layer steels for the laying of thermal networks]. *Thermal Engineering*, 2003, no. 12, pp. 39-41.



22. Ochkov V.F., Orlov K.A., Razguljaev N.I. Voda v teplosnabzhenii i chto-to vmesto nee [Water in heat supply and something in its place]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2018, no. 1 (121), pp. 56-62.

23. Bogdanova O.S., Birjuzova E.A. Korroziionnaja opasnost' izmenenija koncentracii kisloroda v setевой vode [Corrosive risk of changes in the concentration of oxygen in the mains water]. *Nauka i nauchnyj potencial - osnova ustojchivogo razvitija obshhestva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, 2018, pp. 127-129.

24. Zbaraz L.I., Chicherin S.V. Metodika otsenki ushcherba ot avariinoi situatsii v sisteme teplosnabzheniia [Methodology of estimation of damage from emergency situation in the heat supply system]. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*, 2017, vol. 4, no. 90, pp. 218-224.

25. Fröling M., Holmgren C., Svanström M. Life cycle assessment of the district heat distribution system. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2004, no. 9 (2), pp. 130-136.

26. Fröling M., Svanström M. Life cycle assessment of the district heat distribution system- Part 2: network construction. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2005, no. 10 (6), pp. 425-435.

27. Larin H.C., Kuznecov D.V., Petrushkin P.N., Frolov A.A. Opređenje teplovyh poter' v zakrytoj sisteme teplosnabzhenija [Determination of heat losses in a closed heat supply system]. *Student. Aspirant. Issledovatel'*, 2018, no. 1 (31), pp. 171-175.

28. Prytkova O.O. Analiz izmenenij v zakonodatel'stve v sfere teplosnabzhenija RF [Analysis of changes in the legislation in the field of heat supply of the Russian Federation]. *Sovremennye tehnologii: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii. Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, 2018, pp. 62-64.

29. Maksimova D.A. Edinye teplosnabzhajushhie organizacii: problemy i strategicheskie napravlenija razvitija dejatel'nosti [A unified heat supply organizations: problems and strategic direction of development activities]. *Nauka segodnja: vyzovy i reshenija. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, 2018, pp. 126-128.

30. Kammen D.M., Sunter D.A. City-integrated renewable energy for urban sustainability. *Science*, 2016, no. 352 (6288), pp. 922-928.

31. Atam E., Helsen L. Ground-coupled heat pumps: Part 1 – Literature review and research challenges in modeling and optimal control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, no. 54, pp. 1653-1667.

32. Idieva A.A., Pardaeva Sh.S., Halikova A.M. Ispol'zovanie geotermal'noj jenerгии - ključ progressa jenergeticheskoy sfery [The use of geothermal energy is the key to energy sector progress]. *Innovacionnoe razvitie: potencial nauki i sovremennogo obrazovanija. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, 2018, pp. 162-164.

33. Vasil'ev G.P., Gornov V.F., Dmitriev A.N., Kolesova M.V., Jurchenko V.A. Geotermal'noe teplosnabzhenie v moskovskom regione: temperaturnyj potencial i racional'naja glubina termoskvazhin [Geothermal heat supply in the Moscow region: temperature potential and rational depth of thermowells]. *Teplojenergetika*, 2018, no. 1, pp. 85-92.

34. Zhen J., Lu J., Huang G., Zhang H. Groundwater source heat pump application in the heating system of Tibet Plateau airport. *Energy and Buildings*, 2017, 136, pp. 33-42.