

УДК 697.34

Чичерин Станислав Викторович, Абдулаев Джамал Амирович

ИЕРАРХИЧНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ И ДРУГИЕ СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ¹

Проектом постановления Правительства РФ вводится обязанность по разработке схемы теплоснабжения городов, однако качество таких долгосрочных программ остается под вопросом и требует особого внимания. Для проведения исследования был выбран сравнительный метод, т. е. метод сопоставления информации, выделения в ней общего и различного с целью классификации и типологии. Наибольшей проблемой является отказ большинства авторов (что воплощается и на практике) от варианта теплоснабжения посредством сооружения групповых тепловых пунктов (ГТП). Для обеспечения надежного функционирования систем теплоснабжения необходимо их иерархическое построение, при котором всю систему делят на несколько уровней, каждый из которых имеет свою задачу, уменьшающуюся по значению от верхнего уровня к нижнему. Также сравнение материалов из разных источников показало потенциальное упущение, связанное с незнанием специалистов проблемы перегрева обратной сетевой воды.

Ключевые слова: теплоснабжение, пункт, теплоизоляция, гидравлический, надежность, эксплуатация, температурный график.

Stanislav Chicherin, Dzhamal Abdulaev

DISTRIBUTION SYSTEM HIERARCHY: SUPPLYING HEAT RELIABLY

In Russia, consumer substations are becoming more and more common in apartment buildings and other large buildings. For this reason, the literature survey was conducted on the alternative, i. e. group substations. This type is described in detail. The main reasons for the group substations are consumption measurements and renovation of domestic hot water systems. Thanks to these substations, a 2-stage network fulfilling requirements of security and hydraulic limitations is made available for the practical operation. In other words, an efficient way to decrease energy consumption is to keep distribution systems aware of the transmission ones. Low return temperature in the distribution networks are also important operational factors for obtaining an efficient district heating system.

Key words: District Heating, Substation, Insulation, Hydraulic, Failure-free, Operation, Temperature scheme.

Введение / Introduction. Стратегия развития жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации разработана на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 января 2016 г. № 80-р). В частности, она предусматривает, что будут определены на долгосрочный период регулирования, составляющий не менее трех лет, показатели надежности, качества и энергоэффективности теплоснабжающих организаций и сформированы долгосрочные инвестиционные программы.

Актуальность задачи обеспечения надежности тепловой сети многократно подчеркивалась в публикациях [1] и не вызывает сомнений. Решаться она может как с точки зрения совершенствования механизмов финансового управления и инвестирования [2], так и с точки зрения новейших технических решений, описанных ниже.

Традиционно повышение экономичности (а значит, и надежности за счет лучшего финансирования) тепловых сетей решается за счет модернизации теплоизоляции [3]. Правильный выбор покрытия для защиты металлической стенки трубопровода от увлажнения позволит не только обеспечить снижение тепловых потерь, но и повысить расчетный срок эксплуатации [4]. В. И. Ливчак, М. С. Клявлин и другие [5, 6] пытаются обобщить опыт предшественников, делая акцент на управляемости тепловой

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Правительства Российской Федерации (приказ Минобрнауки № 860 от 29.08.2017)

сети. Управляемость, как показано ниже, связана с устойчивостью, т. е. сохранением расчетного гидравлического режима. Его расчет неминуемо требует привлечения автоматизированных систем моделирования и управления, как описано в [7–9]. Управляемость и устойчивость повышаются путем внедрения систем контроля и мониторинга [10] при помощи методов оптимизации [11] тепловой сети.

Последняя становится объектом исследования и в работе [12], однако об иерархичности ее построения речь даже не заходит. Такая же ситуация характерна и для последних публикаций [13], посвященных технико-экономическим показателям. Среди общепринятых методов обеспечения надежности тепловой сети – ее диагностика: одна из недавних статей [14] описывает применение внутритрубных роботов-кроулеров.

Материалы и методы / Materials and methods. Для работы с литературными источниками и разработки теоретической части был выбран сравнительный метод, т. е. метод сопоставления двух и более объектов (явлений, идей, результатов исследований и т. п.), выделение в них общего и различного с целью классификации и типологии. Такой метод как универсально применяемый относится к общенаучным методам исследований, а по своему функциональному назначению и способам использования является эмпирическим. Прикладной характер настоящего исследования позволяет использовать сравнительный метод в качестве основного для оценки и генерализации. Метод позволяет разделить общие и отличительные признаки и свойства изучаемых объектов и процессов их развития. Успешное применение сравнительного метода подразумевает унификацию приёмов наблюдения, включая использование сопоставимых между собой исходных данных (источников информации).

Под групповым тепловым пунктом (ГТП) здесь и далее понимается такой тепловой пункт, который дает возможность рассечения тепловой сети на две части с различным теплогидравлическим режимом путем установления контрольно-регулирующих устройств. Под иерархичностью построения тепловой сети понимается присоединение распределительных сетей к магистральным исключительно посредством ГТП в рамках крупных систем централизованного теплоснабжения.

Для верификации приведенных теоретических сведений была смоделирована ситуация монтажа ГТП на участке магистральной тепловой сети г. Омска (Россия). Конечные потребители, расположенные на нем, на сегодняшний день имеют показатели надежности, не соответствующие нормативным (см. таблицу).

Таблица

Сравнение минимально допустимых величин критериев надежности, установленных в 1976 г. на Всесоюзной конференции по теплоснабжению в г. Минске, с фактическими расчетными, принятыми для наиболее удаленного потребителя

Наименование показателя	ВБР	Готовность	Живучесть
Нормативная величина	0,86	0,97	45 %
Фактическая	0,82	0,90	87 %

Таким образом, в качестве объекта исследования выбран западный луч магистральных тепловых сетей от ТЭЦ-2 г. Омска. Его схема приведена на рис. 1.

Вероятность безотказной работы (ВБР) [P] вычислялась по формуле

$$P = e^{-\omega}, \quad (1)$$

где ω – плотность потока учитываемых отказов, сопровождающихся снижением подачи тепла потребителям, 1/год. км:

$$\dot{E} = a \cdot m \cdot K_c \cdot d^{0,208}, \quad (2)$$

где a – эмпирический коэффициент. При нормативном уровне безотказности $a = 0,00003$; m – эмпирический коэффициент потока отказов, полученный на основе обработки статистических данных. Принимается равным 0,5; K_c – коэффициент, учитывающий старение (утрату ресурса) конкретного участка теплосети; рассчитывается в зависимости от времени эксплуатации по формуле

$$K_c = 3 \cdot I^{2.6}, \quad (3)$$

где I – индекс утраты ресурса:

$$I = \frac{n}{n_0}, \quad (4)$$

где n – возраст теплопровода; n_0 – расчетный срок службы трубопровода.

Готовность системы к исправной работе определялась по формуле

$$E_{\text{СИТ}} = \frac{8760 - z_1 - z_2 - z_3 - z_4}{8760}, \quad (5)$$

где z_1 – число часов ожидания неготовности СЦТ в период стояния нерасчетных температур наружного воздуха в данной местности; z_2 – число часов ожидания неготовности источника тепла; z_3 – число часов ожидания неготовности тепловых сетей; z_4 – число часов ожидания неготовности абонента.

Для оценки живучести рассчитывалось, на какую относительную величину снизится обеспечение потребителя тепловой энергией.



Рис. 1. Тупиковый участок трубопровода от ТЭЦ-2, находящийся за тепловой камерой П-3-13

Результаты и обсуждение / Results and discussion. Наибольшей проблемой является отказ большинства авторов (что воплощается и на практике) от варианта централизованного теплоснабжения посредством устройства сооружения ГТП. ГТП должен рассматриваться как основной элемент тепловой сети, через который организуется управление режима работы и магистральных, и распределительных сетей. В этом случае обеспечить устойчивость в магистральных сетях с большим радиусом действия затруднительно, но вполне возможно в распределительных сетях с радиусом действия до 600–800 м. Предлагаемое аппаратное обеспечение ГТП приведено ниже.

Управление тепловой сетью осуществляется с помощью регулирования гидравлического режима. Регулирование – это изменение потокораспределения теплоносителя в любом возможном режиме функционирования теплоисточника для обеспечения управляемости системы централизованного теплоснабжения в целом [10]. Бесперебойное функционирование тепловых сетей требует их иерархического построения, при котором в системе выделяются обособленные элементы, имеющие связи соподчинения и возможность автономного функционирования.

Надежность тепловой сети позволит обеспечить и качество теплоснабжения в целом, что обусловлено неразрывностью этих двух показателей [15]. Верхний иерархический уровень составляют источники тепла, следующий уровень – магистральные тепловые сети с ГТП, нижний – квартальные сети с тепловыми вводами абонентов [11].

Гидравлическая управляемость тепловой сети имеет следующие признаки:

- 1) гидравлическая устойчивость тепловой сети [16], которая определяется в основном наличием авторегуляторов в тепловых пунктах. При наличии хорошо работающих авторегуляторов всякая сеть будет гидравлически управляемой. Чем меньше гидравлическая устойчивость, тем меньше управляемость сети при прочих равных условиях;
- 2) величина аварийности, снижение которой возможно, например, путем своевременной диагностики [17] и замены изношенных участков.

Для обеспечения гидравлической управляемости тепловой сети в контексте первой составляющей авторами предложен следующий комплект оборудования для оснащения ГТП:

- управляемая регуляторами давления и температуры перемычка между подающим и обратным трубопроводами для регулирования давления теплоносителя и его температуры;
- центробежные насосы на обратной линии. Они должны иметь 100 %-й резерв с автоматическим включением и двухстороннее электропитание;
- реле утечки на обоих трубопроводах. Работая по принципу измерения разности расходов воды, они позволят заблаговременно выявить наличие повреждения;
- приборы учета тепловой энергии;
- предохранительные устройства. Несинхронное закрытие регуляторов на подающем и обратном трубопроводах может вызвать повышение давления в тепловой сети, а соответственно, и во внутренних системах отопления потребителей;
- обратные клапаны, предназначенные для безопасной работы установленных насосов.

ГТП с таким комплектом оборудования может быть смонтирован на удалении от 1,1 до 1,7 км от теплоисточников, тогда степень повышения ВБР, готовности системы к исправной работе и живучести для конечного потребителя будет представлена на рис. 2 в виде графика.

На основе данного графика для реализации пилотного проекта, после того как будут учтены другие факторы, влияющие на экономичность ГТП, может быть определено место оптимального размещения ГТП.

Анализ реальной ситуации на приведенном объекте исследования (тупиковом участке трубопровода сети от ТЭЦ-2, находящемся за тепловой камерой П-3-13) показал потенциальное упущение, связанное с незнанием специалистами проблемы повышения температуры теплоносителя в обратном трубопроводе. График температурного регулирования является фактором, от которого зависят многие технико-экономические показатели работы системы теплоснабжения населенного пункта.

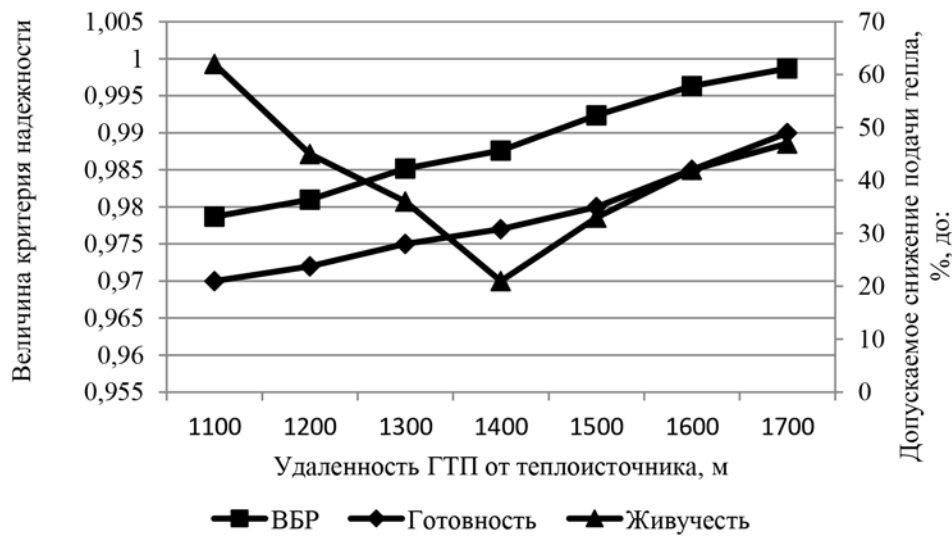


Рис. 2. График зависимости показателей надежности, рассчитанных для наиболее удаленных потребителей, от места расположения ГТП

При организации теплоснабжения десятков тысяч потребителей от тепловых сетей, объединяющих различные источники теплоты (ТЭЦ, котельные), необходим единый технологический документ, который увязывает интересы всех сторон теплоэнергетического процесса: покупателей, производителей тепловой энергии, наладчиков гидравлических и температурных режимов тепловых сетей, инспекторов Ростехнадзора и проектировщиков внутренних систем жизнеобеспечения зданий [18]. На практике происходит перегрев обратной сетевой воды, имеющий место по причине того, что:

- система отопления не обслуживается должным образом или предпринимаются намеренные действия для уменьшения теплосъема с отопительного прибора;
- если при одно- или двухсменной работе систем вентиляции и кондиционирования воздуха в нерабочее время на производстве и в учреждениях отключают подачу в помещения свежего воздуха из атмосферы, но не отключают подачу теплоносителя в калориферы.

Само по себе применение того или иного температурного графика тепловых сетей непосредственной экономии или перерасхода для потребителя не дает. Однако затраты в обеспечении того или иного температурного графика тепловых сетей значительно отличаются как при строительстве новых тепловых сетей, так и при эксплуатации существующих. Повышение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе приводит к излишнему увеличению расхода теплоносителя и, следовательно, к перерасходу электроэнергии на перекачку воды в системе централизованного теплоснабжения, при этом на ТЭЦ снижается выработка электрической энергии на тепловом потреблении. Дополнительное снижение температуры обратной сетевой воды может быть обеспечено за счет применения термомайзеров и систем рекуперации воздуха [19].

Заключение. По магистральным тепловым сетям транспортируются основные потоки теплоносителя в узлы теплопотребления. В ГТП теплоноситель должен распределяться по районам и в сетях районов поддерживаться автономный гидравлический и тепловой режимы. К магистральным тепловым сетям отдельных потребителей присоединять не следует, чтобы не нарушать иерархичности построения системы. От количества первичных ГТП зависит возможность управлять сетью. Практика строительства иерархичных систем в г. Харбин Китайской Народной Республики [20] свидетельствует о соответствии этой идеи современным представлениям об эффективной системе централизованного теплоснабжения. В свою очередь, энергосбережение и энергоэффективность систем

отпуска теплоты влияет на экономическую эффективность систем отопления жилых и общественных зданий [21–26]. Температурный график тепловых сетей управляет всеми элементами теплоэнергетической системы: производством, распределением и потреблением тепла, определяет возможные диапазоны комбинированного производства тепловой и электрической энергии, поэтому особенно важно обеспечить правильную температуру обратной сетевой воды.

ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Евсеев Е. Г. Совершенствование менеджмента теплоснабжающих организаций: законодательная основа и особенности ее применения // Экономика и предпринимательство. 2017. № 8–3 (85-3). С. 591–595.
2. Назарян Р. В. Necessity of Developing an Investment Strategy for a Municipal Heat Energy System / Р. В. Назарян, О. В. Новикова, А. Н. Грушкин, И. С. Хребтенко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 5. С. 133–140.
3. Немировский Ю. В., Мозгова А. С. Определение тепловых потерь на участке слоистого трубопровода тепловых сетей // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2017. № 2 (32). С. 23–32.
4. Чернов С. С., Кулак Е. Ф. Анализ технико-экономических показателей энергопредприятия по передаче тепловой энергии на основе модернизации ограждающих теплоизоляционных конструкций тепловой сети // Бизнес. Образование. Право. 2017. № 3 (40). С. 73–77.
5. Ливчак В. И. Совершенствование систем централизованного теплоснабжения // Главный энергетик. 2016. № 5. С. 48–60.
6. Клявлилин М. С., Самофеев Н. С., Шильдт Л. А., Клявлилин Я. М. Проблемы оценки эффективности проектов совершенствования городских систем теплогазораспределения (на примере города Уфы) // Науковедение: Интернет-журнал. 2015. Т. 7. № 6 (31). С. 48.
7. Еремин А. В. Математическая и компьютерная модель объединенной теплосети централизованного теплоснабжения / А. В. Еремин, С. В. Колесников, И. В. Кудинов, А. Н. Бранфилова, Л. С. Абишева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 1–2. С. 3–14.
8. Новицкий Н. Н., Шалагинова З. И., Михайловский Е. А. Объектно ориентированные модели элементов тепловых пунктов теплоснабжающих систем // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 9 (128). С. 157–172.
9. Смородова О. В. Моделирование гидравлических режимов трубопроводов при подготовке энергетиков / О. В. Смородова, С. В. Китаев, Э. Н. Самигуллина, А. С. Шайдакова // Нефтегазовое дело. 2017. Т. 15. № 2. С. 95–100.
10. Седнин В. А., Гутковский А. А. Модернизация и автоматизация системы теплоснабжения. Опыт Беларуси // Энергосбережение. 2016. Т. 8. № 8. С. 52–59.
11. Гребенюк Г. Г. Метод реконфигурации сетей тепло- и электроснабжения / Г. Г. Гребенюк, А. А. Крыгин, С. М. Никишов, Л. А. Серeda // Энергобезопасность и энергосбережение. 2017. № 4. С. 51–57.
12. Комогорцева Т. А., Чичерин С. В. Научно-исследовательская деятельность в области теплоснабжения и ее связь с образовательным потенциалом // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 11 (2). С. 184–188.
13. Культяев С. Г., Малая Э. М. Исследование технико-экономических параметров оптимизации тепловых сетей // The First European Conference on the Achievements and Development of Young Scientists in the Natural and Technical Sciences. Proceedings of the I International Scientific Forum of Young Scientists «East-West» (Austria – Russia – Kazakhstan). 2017. С. 74–79.
14. Погодин А. К. Опыт панорамной ультразвуковой диагностики трубопроводов тепловых сетей ПАО «МОЭК» и ПАО «Мосэнерго» // Энергетик. 2017. № 10. С. 45–46.
15. Фокин А. М., Киселева А. И. Разработка методики определения комплексного показателя качества тепловых сетей // Актуальные вопросы энергетики: материалы Международной научно-практической конференции. Омск: ОмГТУ, 2017. С. 73–77.
16. Абдулаев Д. А. Гидравлическая устойчивость тепловой сети / Д. А. Абдулаев, Е. А. Маркелова, А. Р. Сабирзянов, Н. Ю. Миронов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 1 (52). С. 67–85.

17. Чичерин С. В. Методика для обобщенной оценки состояния трубопроводов тепловых сетей // В мире неразрушающего контроля. 2017. Т. 20. № 4. С. 66–68.
18. Черненко В. П. Расчет графиков регулирования тепловой нагрузки в независимых автоматизированных системах теплоснабжения / В. П. Черненко, И. Д. Лихачев, М. С. Барышев, М. Б. Рахматулина // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2017. № 3 (32). С. 27–31.
19. Арзамасцев А. А. Инновационные технологии теплоснабжения в сфере ЖКХ // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сборник статей по материалам XVI международной научно-практической конференции. Новосибирск: СибАК, 2012. С. 106–112
20. Werner S., Gong M. District heating research in China. Svensk Fjärrvärme AB, 2014. 76 с.
21. Ватин Н. И., Немова Д. В. Повышение энергоэффективности зданий детских садов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 3. С. 52–76.
22. Горшков А. С. Экономическая эффективность инвестиций в энергосбережение / А. С. Горшков, П. П. Рымкевич, Д. В. Немова, Н. И. Ватин // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. 2014. № 3. С. 32–36.
23. Ватин Н. И., Гамаюнова О. С., Немова Д. В. Проведение энергоаудита детских садов с целью повышения энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 9 (24). С. 71–83.
24. Горшков А. С., Ватин Н. И., Рымкевич П. П. Реализация государственной программы повышения энергетической эффективности жилых и общественных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 1(180). С. 39–46.
25. Горшков А. С., Немова Д. В., Рымкевич П. П. Сравнительный анализ затрат тепловой энергии, эксплуатационных затрат на отопление и затрат топливно-энергетических ресурсов для многоквартирного жилого здания при различных минимальных требованиях к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций // Кровельные и изоляционные материалы 2013. № 2. С. 34–39.
26. Горшков А. С. Модель оценки прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение // Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 136–146.

REFERENCES AND INTERNET RESOURCES

1. Evseev E. G. Sovershenstvovanie menedzhmenta teplosnabzhayushchikh organizatsii: zakonodatel'naya osnova i osobennosti ee primeneniya (Perfection of the management of heat supply organizations: the legislative basis and the specifics of its application) // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2017, No. 8–3 (85-3). Pp. 591–595.
2. Nazaryan R. V. Obosnovanie neobkhodimosti razrabotki investitsionnoi strategii munitsipal'nogo teploenergeticheskogo kompleksa (Necessity of Developing an Investment Strategy for a Municipal Heat Energy System) / R. V. Nazaryan, O. V. Novikova, A. N. Grushkin, I. Khrebtchenko // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki. 2017. T. 10. No. 5. Pp. 133–140.
3. Nemirovskii Yu. V., Mozgova A. S. Opredelenie teplovykh poter' na uchastke sloistogo truboprovoda teplovykh setei (Definition of Thermal Losses on the Site of the Layered Pipeline of Heat Networks) // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I. Ya. Yakovleva. Seriya: Mekhanika predelnogo sostoyaniya. 2017. No. 2 (32). Pp. 23–32.
4. Chernov S. S., Kulak E. F. Analiz tekhniko-ekonomicheskikh pokazatelei energopredpriyatiya po peredache teplovoi energii na osnove modernizatsii ograzhdayushchikh teploizolyatsionnykh konstruksii teplovoi seti (Analysis of Technical and Economic Indicators of the Energy Company for Transfer of Thermal Energy Based on Modernization of the Thermal Insulation Materials of the Enclosing Structures of the Heat-Supply Network) // Biznes. Obrazovanie. Pravo. 2017. No. 3 (40). Pp. 73–77.
5. Livchak V. I. Sovershenstvovanie sistem tsentralizovannogo teplosnabzheniya (Mastering Central Heating Systems) // Glavnyi energetik. 2016. No. 5. Pp. 48–60.
6. Klyavlin M. S. Problemy otsenki effektivnosti proektov sovershenstvovaniya gorodskikh sistem teplogazoraspredeleniya (na primere goroda Ufa) (Problems of an assessment of efficiency of projects of improvement of city systems of heatgas distribution (on the example of the city of Ufa)) / M. S. Klyavlin, N. S. Samofeev, L. A. Shil'dt, Ya. M. Klyavlina // Naukovedenie: Internet-zhurnal. 2015. T. 7. No. 6 (31). Pp. 48.
7. Eremin A. V. Matematicheskaya i komp'yuternaya model' ob"edinennoi teploseti tsentralizovannogo teplosnabzheniya (Mathematical and Computer Model of Heating Network Based on the Electronic-Hydraulic Analogy) / A. V. Eremin, S. V. Kolesnikov, I. V. Kudinov, A. N. Branfileva, Abisheva L. S. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy energetiki, 2017, T. 19, No. 1-2, pp. 3-14.

8. Novitskii N. N., Shalaginova Z. I., Mikhailovskii E. A. Ob'ektno orientirovannye modeli elementov teplovykh punktov teplosnabzhayushchikh system (Object-oriented models of heat supply system thermal point elements) // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. T. 21. No. 9 (128). Pp. 157–172.
9. Modelirovanie gidravlicheskikh rezhimov truboprovodov pri podgotovke energetikov (The Pipe System Hydraulic Control Modelling at Power Engineer Education) / O. V. Smorodova, S. V. Kitaev, E. N. Samigullina, A. S. Shaidakova // Neftegazovoe delo. 2017. T. 15. No. 2. Pp. 95–100.
10. Sednin V. A., Gutkovskii A. A. Modernizatsiya i avtomatizatsiya sistemy teplosnabzheniya. Opyt Belarusi (Modernization and Automation of Heat Supply System. Minsk experience) // Energoberezhenie. 2016. T. 8. No. 8. Pp. 52–59.
11. Grebenyuk G. G. Metod rekonfiguratsii setei teplo- i elektrosnabzheniya (A reconfiguring method for heat and power supply systems) / G. G. Grebenyuk, Krygin A. A., Nikishov S. M., Sereda L. A. // Energobezopasnost' i energoberezhenie. 2017. No. 4. Pp. 51–57.
12. Komogortseva T. A., Chicherin S. V. Nauchno-issledovatel'skaya deyatel'nost' v oblasti teplosnabzheniya i ee svyaz' s obrazovatel'nym potentsialom (Trends of Research and Development in District Heating Technologies: an Education-Based View) // Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. No. 11 (2). 2017. Pp. 184–188.
13. Kul'tyaev S. G., Malaya E. M. Issledovanie tekhniko-ekonomicheskikh parametrov optimizatsii teplovykh setei (Research of technical and economic parameters of heat network optimization) // The First European Conference on the Achievements and Development of Young Scientists in the Natural and Technical Sciences. Proceedings of the I International Scientific Forum of Young Scientists «East-West» (Austria – Russia – Kazakhstan), 2017. Pp. 74–79.
14. Pogodin A. K. Opyt panoramnoi ul'trazvukovoi diagnostiki truboprovodov teplovykh setei PAO «MOEK» i PAO «Mosenergo» (Experience the panoramic ultrasonic diagnostics of heat networks pipes of PJSC «MOEK» and PJSC «Mosenergo») // Energetik. 2017. No. 10. Pp. 45–46.
15. Fokin A. M., Kiseleva A. I. Razrabotka metodiki opredeleniya kompleksnogo pokazatelya kachestva teplovykh setei (Development of the methodology for determining the integrated quality index of heat networks) // Aktual'nye voprosy energetiki: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Omsk: OmGTU, 2017. Pp. 73–77.
16. Abdulaev D. A. Gidravlicheskaja ustojchivost' teplovoj seti (The hydraulic stability of the heating network) / D. A. Abdulaev, Markelova E. A. Markelova, A. R. Sabirzjanov, N. Ju. Mironov // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij. 2017. No. 1 (52). Pp. 67–85.
17. Chicherin S. V. Metodika dlya obobshchennoi otsenki sostoyaniya truboprovodov teplovykh setei (The Rapid Assessment the Status of Heat Distribution System Technique) // V mire nerazrushayushchego kontrolya. 2017. T. 20, No. 4, pp. 66–68.
18. Chernenkov V. P. Raschet grafikov regulirovaniya teplovoi nagruzki v nezavisimyykh avtomatizirovannykh sistemakh teplosnabzheniya (The Method of Calculating Diverse Heat Load by Connecting Heat-Exchange Equipment) / V. P. Chernenkov, I. D. Likhachev, Baryshev M. S., Rakhmatulina M. B. // Vestnik Inzhenernoi shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. 2017. No. 3 (32). Pp. 27–31.
19. Arzamastsev A. A. Innovatsionnye tekhnologii teplosnabzheniya v sfere ZhKKh (Innovative technologies of heat supply in the sphere of housing and communal services) // Ekonomika i sovremennyyi menedzhment: teoriya i praktika: sbornik statei po materialam XVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Novosibirsk: SibAK, 2012. Pp. 106–112.
20. Werner S., Gong M. District heating research in China. Svensk Fjärrvärme AB, 2014. 76 p.
21. Vatin N. I., Nemova D. V. Povysheniye energoeffektivnosti zdaniy detskikh sadov (Improving the energy efficiency of buildings kindergartens) // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii. 2012. No. 3. Pp. 52–76.
22. Gorshkov A. S. Ekonomicheskaya effektivnost investitsiy v energoberezheniye (Cost-effectiveness of investments in energy efficiency) / A. S. Gorshkov, P. P. Rymkevich, D. V. Nemova, N. I. Vatin // Inzhenernyye sistemy. AVOK – Severo-Zapad. 2014. No. 3. Pp. 32–36.
23. Vatin N. I., Gamayunova O. S., Nemova D. V. Provedeniye energoaudita detskikh sadov s tselyu povysheniya energoeffektivnosti (Energy audit of kindergartens in order to increase energy efficiency) // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii. 2014. No. 9 (24). Pp. 71–83.

24. Gorshkov A. S., Vatin N. I., Rymkevich P. P. Realizatsiya gosudarstvennoy programmy povysheniya energeticheskoy effektivnosti zhilykh i obshchestvennykh zdaniy (Implementation of the state program to improve the energy efficiency of residential and public buildings) // Construction materials, the equipment, technologies of XXI century. 2014. No. 1(180). Pp. 39–46.
25. Gorshkov A. S., Nemova D. V, Rymkevich P. P. Sravnitelnyy analiz zatrat teplovoy energii, ekspluatatsionnykh zatrat na otopleniye i zatrat toplivno-energeticheskikh resursov dlya mnogokvartirnogo zhilogo zdaniya pri razlichnykh minimalnykh trebovaniyakh k urovnyu teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy (Comparative analysis of the thermal energy consumption, operating costs and the cost of heating fuel and energy resources for the apartment building at different minimum requirements for the level of thermal protection of protecting designs) // Krovельные i izolyatsionnyye materialy. 2013. No. 2. Pp. 34–39.
26. Gorshkov A. S. Model otsenki prognoziruемого срока okupayemosti investitsiy v energosberezheniye (Evaluation model projected payback period of investment in energy efficiency) // Vestnik MGSU. 2015. No. 12. Pp. 136–146.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чичерин Станислав Викторович, аспирант кафедры «Теплоэнергетика», Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск. E-mail: man_csv@hotmail.com.

Абдулаев Джамал Амирович, аспирант кафедры «Гидравлика и прочность», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), г. Санкт-Петербург. E-mail: JamalDag@yandex.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Chicherin Stanislav, PhD Fellow, Department «Thermal Engineering», Omsk State Transport University (OSTU), Omsk. E-mail: man_csv@hotmail.com

Abdulaev Dzhamal, PhD Fellow, Department «Hydraulics», Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St.Petersburg. E-mail: JamalDag@yandex.ru