

«Умные сети» систем теплоснабжения г. Волгограда

А.В. Крестьянников, А.М. Сорокин

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Данная статья посвящена модернизации систем ЖКХ в г. Волгограде на основе технологии «Умных сетей». Приведена методика разработки оценки эффективности проекта модернизации объектов жилищно-коммунального хозяйства с применением технологии «Умных сетей». Из данной публикации следует, что применение технологии «Умных сетей» обеспечивает энергетическую и экономическую эффективность в развитии энергосистемы города.

Ключевые слова: «Умные сети», «Умный город», централизованные системы теплоснабжения, индивидуальное теплоснабжение, котельные, оценка экономического проекта модернизации, ключевые показатели эффективности.

Россия является одной из самых энергорасточительных стран в мире. Наибольшие потери происходят в энергетике, промышленности и ЖКХ. Однако проблеме энергосбережения в ЖКХ уделяется мало внимания и поэтому связанные с этим затраты энергоресурсов в ЖКХ являются обременительными для российского бюджета [1].

В последнее время в России наблюдается существенный рост износа тепловых сетей. Текущий уровень обновления теплоснабжения составляет всего лишь 2,7% в год, что не соответствует стандартному уровню обновления теплоснабжения, который в соответствии с нормативным сроком службы тепловых сетей составляет 4% в год. По этой причине износ тепловых сетей огромный, что приводит к высоким потерям и аварийности.

Также к главным причинам высоких потерь в централизованной системе теплоснабжения помимо её высокого износа относятся:

- слабая инвестированность системы теплоснабжения;
- отсутствие регулировки при распределении тепла;
- энергозатратные технологии передачи и распределения тепла;
- плохое регулирование внутридомовых систем теплоснабжения.

Эти причины ведут к тому, что в настоящее время большинство потребителей переходят на индивидуальное теплоснабжение, которое более

эффективно для жилищно-коммунального хозяйства по сравнению с централизованным по причине отсутствия затрат на обслуживание теплосетей. Поэтому для того, чтобы централизованная система теплоснабжения продолжала оставаться конкурентоспособной, требуется внедрение энергосберегающих решений (Материалы круглого стола «Текущее состояние систем теплоснабжения в стране: инерционный путь к деградации», Москва, 17 марта 2016).

Тем не менее в г. Волгограде по-прежнему сохраняются системы централизованного теплоснабжения и они представляют собой системы закрытого типа с присоединением нагрузки горячего водоснабжения в центральных или индивидуальных тепловых пунктах через теплообменники по двухступенчатой последовательной и смешанной схемам.

Важную роль в теплоснабжении г. Волгограда играют котельные, которые принадлежат ООО «Концессии теплоснабжения». Общая установленная тепловая мощность энергоисточников ООО «Концессии теплоснабжения», расположенных на территории города Волгограда, составляет 2482 Гкал/ч. Средний удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии от энергоисточников ООО «Концессии теплоснабжения» составляет 157,9 кг у.т./Гкал, для ведомственных котельных – 151,39 кг у.т./Гкал (Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения г. Волгограда на период 2020-2034 гг. Глава 1).

В настоящее время в г. Волгограде планируется постепенный переход на технологии «Умного города».

Система «Умный город» (Рисунок 1) - совокупность цифровых технологий, обеспечивающая функционирование инфраструктуры города и объединяющая многие инфраструктурные объекты города.

В настоящее время системы «Умный город» широко распространены в мире и масштабные проекты городов Стокгольм (Швеция), Амстердам

(Голландия) и Йокогама (Япония) являются самыми известными примерами создания таких систем.



Рисунок 1- Интеллектуальная энергоинформационная система «Умный город» [2].

В данных проектах основное внимание уделяется развитию «зеленой» энергетики с использованием возобновляемых источников энергии.

Широкое применение накопителей в качестве промежуточного звена между потребителями и электросетевым питанием города от автономных и внешних источников является главной чертой представленных моделей «Умных сетей». Реализовать эту систему предполагается с помощью средств электротехнических компаний, поставляющих оборудование на энергетические объекты. Городские власти гарантируют компаниям широкое внедрение системы «Умный город» при положительном опыте эксплуатации пилотных проектов [2].

Аналогичная территориально-инфраструктурная модель жилищно-коммунального хозяйства на основе технологии «Умных сетей» разрабатывается в г. Волгограде и содержит в себе ряд проектных предложений, определяющих объемы и места общественной и жилой

застройки, развития производства и его переоснащения на территории г. Волгограда, а также развития объектов жилищно-коммунального хозяйства и транспортной инфраструктуры.

В связи с развитием новых территорий и реконструкции жилой и производственной сферы «умный» квартал становится главным объектом системы «Умных сетей». Энергоёмкий квартал в Центральном районе г. Волгограда является одним из примеров такого объекта. На Рисунке 2 представлена модель объекта с выделением инфраструктурных сетевых элементов «Умных сетей» [3-5].



Рисунок 2 - энергоёмкий «умный» квартал в Центральном районе Волгограда
[авторская разработка]

Другим примером «умного» квартала является проект «Умный город» на территории бывшего Волгоградского завода Тракторных Деталей и Нормалей (Рисунок 3).

эффективности (КПЭ) проекта, установленным на этапе разработки проектно-сметной документации. КПЭ проекта выражают эффект экономии тепла [6-8].

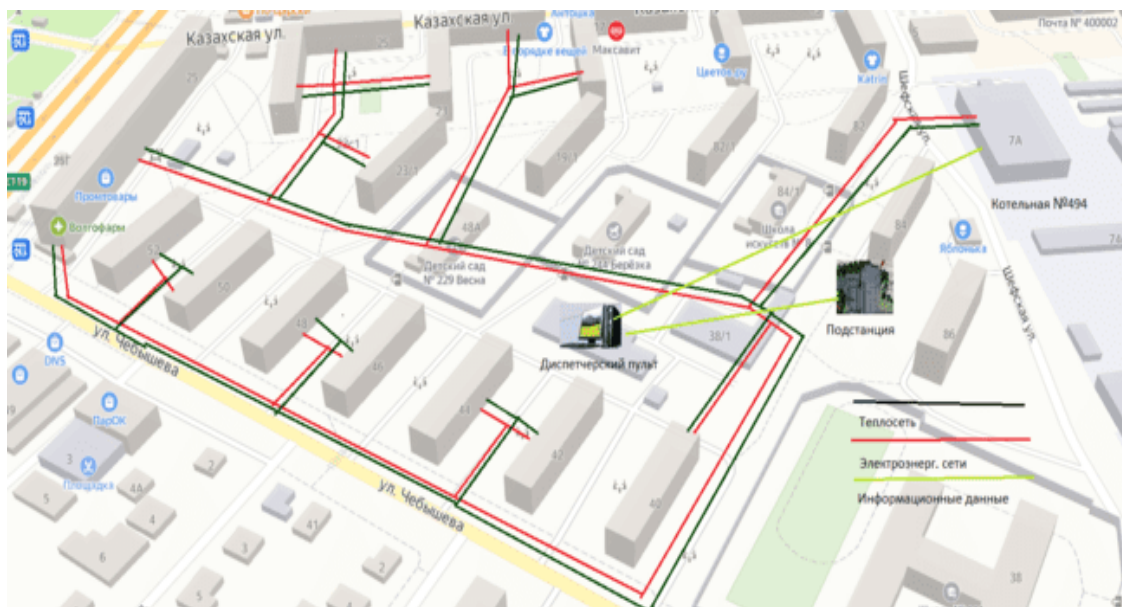


Рисунок 4 - Микрорайон СХИ (Советский район Волгограда) [авторская разработка]

Сокращение затрат на электроэнергию при передаче ГВС за счет сокращения потребления электроэнергии циркуляционными насосами и насосами ХВС на ЦТП в рамках данной методики не рассчитывается по причине существенно меньшей величины экономии по сравнению с экономией затраченной тепловой энергии [9-11].

Оценка эффективности проекта внедрения «умных сетей» выполняется по каждому МКД и каждому кусту ЦТП со всеми присоединенными к нему МКД.

Эффект проекта в денежном выражении рассчитывается для каждого МКД по формуле:

$$E_{\text{эк.эф}} = \Delta Q \cdot S_{26} \quad (1),$$

где $E_{\text{эк.эф}}$ – величина снижения затрат за счет снижения расхода тепловой энергии на нагрев в системе ГВС после реализации проекта, руб; ΔQ –

величина снижения расхода тепловой энергии на подготовку горячей воды до и после модернизации, Гкал; $S_{гв}$ – стоимость тепловой энергии для приготовления 1 м³ горячей воды в расчетном периоде, руб.

$K_{эф}$ определяется как отношение затраченной на ГВС тепловой энергии $Q_{гвс}$ к количеству потребленной горячей воды $G_{гв}$.

$$K_{эф} = \frac{Q_{гвс}}{G_{гв}}, \text{ Гкал/м}^3 \quad (2),$$

где $G_{гв}$ – количество горячей воды, потребленной МКД в расчетном периоде, м³:

$$G_{гв} = G_{гвс} - G_{ц}, \text{ м}^3 \quad (3),$$

где $G_{гвс}$ – количество горячей воды, поданной в МКД в расчетном периоде, м³; $G_{ц}$ – количество циркуляционной воды в МКД в расчетном периоде, м³.

Для верификации эффекта ΔQ в натуральном выражении объем потребления тепла на ГВС в базовом периоде сравнивается с объемом потребления тепла на ГВС в текущем периоде при приведении их к одинаковым условиям:

$$\Delta Q = K_{эф}^{баз} \cdot G_{гвтек} - K_{эф}^{тек} \cdot G_{гвтек} = G_{гвтек} \cdot (K_{эф}^{баз} - K_{эф}^{тек}) \quad (4),$$

где $K_{эф}^{баз}$ – удельное значение затраченной тепловой энергии на подогрев в базовом периоде, Гкал/ м³; $K_{эф}^{тек}$ – удельное значение затраченной тепловой энергии на подогрев в текущем периоде, Гкал/ м³; $G_{гвбаз}$ – объем потребления горячей воды в базовом периоде, м³; $G_{гвтек}$ – объем потребления горячей воды в текущем периоде, м³.

$$K_{эф}^{тек} = \frac{Q_{тек}}{G_{гвтек}}, \quad K_{эф}^{баз} = \frac{Q_{баз}}{G_{гвбаз}}, \quad (5),$$

где $Q_{тек}$ – объем потребления тепловой энергии в текущем периоде, Гкал; $Q_{баз}$ – объем потребления тепловой энергии в базовом периоде, Гкал; $G_{гвбаз}$ –

объем потребления горячей воды в базовом периоде, м³; $G_{\text{ГВтек}}$ — объем потребления горячей воды в текущем периоде, м³.

Описание многоквартирных домов, для которых производился расчет ключевых показателей эффективности, приведён в таблице 1.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что применение технологий «Умных сетей» обеспечивает энергетическую безопасность и энергетическую эффективность в развитии энергосистем города в производстве, транспортировке, распределении и потреблении энергии между потребителями [12,13].

Таблица 1. Расчёт ключевых показателей эффективности

№ п/п	Наименование измеряемого параметра	Величина эффекта в натуральном выражении	Величина эффекта в денежном выражении
1. Плановый эффект Проекта по МКД, присоединенному к ЦТП*			
1.1	КПЭ. Снижение расхода тепловой энергии на нужды ГВС	$\Delta Q=0,034$ Гкал/час	71 руб/час
2. Плановый эффект Проекта по каждому ЦТП со всеми присоединёнными к нему МКД**			
2.1	КПЭ. Снижение расхода тепловой энергии на подготовку горячей воды Куст 1 Куст 2 Куст 3 Куст 4 Куст 5 Куст 6 Куст 7 Куст 8 Куст 9 Куст 10	$\Delta Q=1,005$ Гкал/час $\Delta Q=0$ Гкал/час $\Delta Q=0,143$ Гкал/час $\Delta Q=0,083$ Гкал/час $\Delta Q=0,102$ Гкал/час $\Delta Q=0,189$ Гкал/час $\Delta Q=0,081$ Гкал/час $\Delta Q=0,081$ Гкал/час $\Delta Q=-0,051$ Гкал/час $\Delta Q=0,226$ Гкал/час	199,6 руб/час 0 323,3 руб/час 185 руб/час 227 руб/час 382,5 руб/час 170,2 руб/час 170,2 руб/час -107,2 руб/час 475 руб/час
3. Плановый ежегодный фактический интегральный эффект Проекта			
3.1	КПЭ. Снижение расхода тепловой энергии на подготовку горячей воды	$\Sigma \Delta Q=1,859$	$\Sigma=3059,5$
4. Плановый итоговый фактический интегральный эффект Проекта			
4.1	КПЭ. Снижение расхода тепловой энергии на подготовку горячей воды	$\Sigma \Delta Q=1,859$	$\Sigma=3059,5$

Литература

1. Минеев В.С., Ряпосов Е.А., Вальцев Н.В. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности в России // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 10–14 декабря 2018 г.). — Екатеринбург: УрФУ, 2018. — С. 315-318.
2. Бушуев В.В., Ливинский П.А. Энергоэффективный мегаполис – Smart City «Новая Москва». – М.: ИД «Энергия», 2015 г., 76 стр.
3. Дикарева Е.А., Сорокин А.М. Применение инновационных технологий при ландшафтно-экологической реконструкции нарушенных территорий (на примере города Волгограда) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. - 2020. - Вып. 2 (79). - С. 215-223.
4. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 2001. – 144 с.
5. Лимитовский М.А. Основы оценки инвестиционных и финансовых решений. – М.: ООО Издательско-Консалтинговая Компания «ДеКА». 2001.– 232 с.
6. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 3-е издание, 2008. 1103 с.
7. Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. М.: Дело, 1998. – 412 с.

8. Guelpa Elisa, Toro Claudia, Sciacovelli Adriano, Melli Roberto, Sciubba Enrico, Verda Vittorio. Energy, Volume 102, 2016, Pages 586-595, ISSN 0360-5442, URL: doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.058.
9. Cosentino S., Guelpa E., Melli R., Sciacovelli A., Sciubba E., Toro C., Verda V. Optimal operation and sensitivity analysis of a large district heating network through POD modeling. Proceedings of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Montreal, Quebec, Canada, 2014, URL: doi.org/10.1115/IMECE2014-39509
10. Сорокин А.М. Мониторинг систем теплоснабжения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2022. - Вып. 2 (87). - С. 90-97.
11. Сорокин А.М. Принципы цифровизации систем теплоснабжения: теория и практика. // Материалы международной научно-технической конференции «Проблемы и решения цифровых технологий в области инженерных коммуникаций». - Самарканд: Изд-во СамГАСУ, 2022. - С. 41-43.
12. Чичерин С.В. Анализ единичной структуры существующего и перспективного потребления системы централизованного теплоснабжения // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4029
13. Петренко В.Н., Мокрова Н.В. Разработка системы горячего водоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1617

References

1. Mineev V.S., Ryaposov E.A., Valcev N.V. Problemy energosberezheniya i energoeffektivnosti v Rossii [Problems of energy saving and energy
-

- efficiency in Russia]. *Energo- i resursosberezhenie. Energoobespechenie. Netradicionny`e i vozobnovlyaemye istochniki energii. Atomnaya energetika: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyx uchenyx, posvyashhennoj pamyati professora Danilova N. I. (1945–2015), Danilovskix chtenij* (Ekaterinburg, 10–14 dekabrya 2018 g.). Ekaterinburg: UrFU, 2018. pp. 315-318.
2. Bushuev V.V., Livinskij P.A. *Energoeffektivnyj megapolis – Smart City «Novaya Moskva» [Energy–efficient megapolis - Smart City "New Moscow"]*. M.: ID «Energiya», 2015 g. 76 p.
 3. Dikareva E.A., Sorokin A.M. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitelstvo i arhitektura, 2020. Vyp. 2 (79). pp. 215-223.*
 4. Kovalev V.V. *Metody ocenki investicionnyx proektov [Methods of evaluation of investment projects]*. M.: Finansy i statistika, 2001. 144 p.
 5. Limitovskij M.A. *Osnovy ocenki investicionnyx i finansovyx reshenij [Fundamentals of evaluation of investment and financial decisions]*. M.: OOO Izdatelsko-Konsaltingovaya Kompaniya «DeKA», 2001. 232 p.
 6. Vilenskij P.L., Livshicz V.N., Smolyak S.A. *Ocenka effektivnosti investicionnyx proektov. Teoriya i praktika [Evaluation of the effectiveness of investment projects. Theory and practice]*. M.: Delo, 3-e izdanie, 2008. 1103 p.
 7. Chetyrkin E.M. *Metody finansovyx i kommercheskix raschetov [Methods of financial and commercial settlements]*. M.: Delo, 1998. 412 p.
 8. Guelpa Elisa, Toro Claudia, Sciacovelli Adriano, Melli Roberto, Sciubba Enrico, Verda Vittorio. *Energy, Volume 102, 2016, Pp. 586-595. URL: doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.058.*
 9. Cosentino S., Guelpa E., Melli R., Sciacovelli A., Sciubba E., Toro C., Verda V. *Proceedings of the ASME 2014 International Mechanical*
-



- Engineering Congress and Exposition, Montreal, Quebec, Canada, 2014, URL: doi.org/10.1115/IMECE2014-39509.
10. Sorokin A.M. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arhitektura, 2022. Vyp. 2 (87). P. 90-97.
11. Sorokin A.M. Principy cifrovizacii sistem teplosnabzheniya: teoriya i praktika [Principles of digitalization of heat supply systems: theory and practice]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Problemy i resheniya cifrovyyx texnologij v oblasti inzhenernyx kommunikacij». Samarkand: Izd-vo SamGASU, 2022. P. 41-43.
12. Chicherin S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4029
13. Petrenko V.N., Mokrova N.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1617