

### СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ РОССИИ 10 ЛЕТ СПУСТЯ: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ТЕНДЕНЦИИ

**ПУЗАКОВ Вячеслав Сергеевич**, к.т.н., PuzakovVS@mail.ru, генеральный директор, ООО «Бюро Энергетика», г. Раменское Московской области, Россия

*В статье приведен анализ текущей ситуации в сфере теплоснабжения и произошедшим изменениям в отрасли за 2016–2020 гг., представлен анализ схем теплоснабжения ряда поселений и городских округов, включая особенности и текущие проблемы систем централизованного теплоснабжения, предложены показатели для сравнительной оценки схем теплоснабжения территорий, включая оценку перспективных сценариев развития систем теплоснабжения.*

*Ключевые слова:* схема теплоснабжения, сфера теплоснабжения, система централизованного теплоснабжения, источники теплоснабжения, трубопроводы тепловых сетей, тепловая энергия, эффективность выработки энергии

DOI: 10.47711/2076-3182-2023-1-55-74

**Введение.** Вопросами разработки схем теплоснабжения городов наша страна стала заниматься с 1942 г. с момента создания специализированного института «ВНИПИЭнергопром» (трест «Промэнергопроект») в связи с острой необходимостью решать вопросы энергетического обеспечения предприятий в условиях военного времени [1].

Ситуация с разработкой схем теплоснабжения изменилась в начале 1990-х гг., и не в лучшую сторону, к сожалению. В соответствии с данными [1], в 1991–2007 гг. было разработано не более 30 схем теплоснабжения городов в границах новой России, часть которых в итоге легла на полку, несмотря на высокое качество их исполнения.

В 2010 г. был принят Федеральный закон «О теплоснабжении» № 190-ФЗ от 27.07.2010 г., которым, в частности (статья 23), установлены требования по развитию систем теплоснабжения поселений, городских округов на основании схемы теплоснабжения, которая должна соответствовать документам

территориального планирования поселения или городского округа<sup>1</sup>.

С принятием постановления Правительства РФ № 154 от 22.02.2012 г.<sup>2</sup> и Методических рекомендаций<sup>3</sup> (в 2019 г. взамен Методических рекомендаций вступили в силу новые Методические указания<sup>4</sup> – *прим. авт.*) по разработке (с последующей актуализацией) схем теплоснабжения администрации поселений и городских округов массово начали выполнять законодательные требования, но с разным результатом.

Прошло уже чуть более 10 лет с начала разработки и актуализации схем теплоснабжения поселений и городских округов с принятия современных профильных нормативно-правовых актов. На протяжении этого времени различные специалисты неоднократно обращались к вопросам разработки и актуализации схем теплоснабжения, являющихся одной из ключевых составляющих энергетического планирования территорий [2–3], включая вопросы повышения качества и надежности систем теплоснабжения [4–9].

Настоящая статья посвящена анализу текущей ситуации в сфере теплоснабжения, произошедшим изменениям и текущим тенденциям по разработке/актуализации схем теплоснабжения территорий, которые основаны на нашем опыте разработки/актуализации схем теплоснабжения муниципальных образований.

**О состоянии сферы теплоснабжения в РФ сегодня.** В 2022 г. Министерство энергетики РФ и ФГБУ «РЭА» Минэнерго России опубликовали информационно-аналитический доклад, посвященный состоянию теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения (ЦТ) в Российской Федерации (далее также Доклад) [10].

Приведем ключевые показатели из данного информационно-аналитического доклада о состоянии сферы теплоснабжения в стране сегодня.

<sup>1</sup> Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении»

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения»

<sup>3</sup> Приказ Минэнерго России № 565, Минрегиона России № 667 от 29 декабря 2012 г. «Об утверждении методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения»

<sup>4</sup> Приказ Министерства энергетики РФ от 5 марта 2012 г. № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения»

*Источники теплоснабжения.* В 2020 г. в нашей стране функционировало 572 тепловых электростанций (ТЭС) мощностью от 0,5 МВт и выше, и свыше 77 тыс. котельных.

В соответствии с данными Доклада [10], за период 2016–2020 гг. увеличилось количество ТЭС на 60 шт., общее число котельных также возросло более чем на 3,3 тыс. шт. При этом, за 5 лет число котельных мощностью до 3 Гкал/ч увеличилось на 2,4 тыс. шт., число котельных мощностью от 3 до 20 Гкал/ч практически не изменилось, а число котельных мощностью от 20 Гкал/ч и выше уменьшилось более чем на 190 шт. (из этого числа более 40 котельных приходится на источники тепла мощностью свыше 100 Гкал/ч).

Суммарная тепловая мощность источников теплоснабжения за 5 лет снизилась на 5,4 тыс. Гкал/ч – с 844,7 Гкал/ч в 2016 г. до 839,3 Гкал/ч в 2020 г. Суммарная мощность ТЭС за 5 лет увеличилась более чем на 11 тыс. Гкал/ч и в 2020 г. составила 263,5 тыс. Гкал/ч, а суммарная мощность котельных наоборот уменьшилась на 16,6 тыс. Гкал/ч и в 2020 г. составила 575,8 тыс. Гкал/ч (около 88% всей тепловой мощности котельных приходится на городские поселения, 12% мощностей – на сельские поселения).

Таким образом, в целом по стране за 5 лет произошел существенный рост числа малых котельных мощностью до 3 Гкал/ч по сравнению с другими типами источников ЦТ (ТЭС и котельных мощностью свыше 3 Гкал/ч), при этом суммарная установленная мощность котельных уменьшилась.

В целом по РФ коэффициент использования установленной тепловой мощности (КИУМ) в среднем по году за 2016–2020 гг. снизился с 17,5 до 17,0% (максимальное значение КИУМ наблюдалось в 2018 г. – 18,3%).

Большинство котельных (62,7%) в качестве топлива используют природный газ (за 2016–2020 гг. доля котельных на природном газе увеличилась на 1,4%). Доля котельных, работающих на угле, за 5 лет снизилась на 3,8% и составила в 2020 г. 29,8%, доля котельных, использующих жидкое топливо, за аналогичный период также снизилась и составила в 2020 г. 2,6% (снижение на 0,5%). А доля, котельных, функционирующих на нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии, выросла до 4,9% за 2016–2020 гг. (увеличение на 2,9%).

Совокупный объем расхода условного топлива в сфере теплоснабжения РФ в 2020 г. составил 358,3 млн т у.т. (данное значение, видимо, включает в себя затраты топлива на выработку электроэнергии на ТЭС – *прим. авт.*), что на 21,8 млн т у.т. (или на 5,7%) меньше уровня 2019 г. и на 31,2 млн т у.т. (или на 8%) меньше уровня 2016 г.

На цели производства тепловой энергии в системах ЦТ было израсходовано 176,5 млн т у.т. (на ТЭС пришлось 87,1 млн т у.т., на котельные – 89,3 млн т у.т.).

Совокупное потребление топлива для производства ТЭ с 2016 г. на ТЭС снизилось на 4,7%, на котельных – на 7,7%.

Удельный расход условного топлива (УРУТ) на ТЭС в 2020 г. составил 155,9 кг у.т./Гкал против 154,4 кг у.т./Гкал в 2016 г., т.е. УРУТ на ТЭС за 5 лет незначительно увеличился.

На котельных УРУТ в 2020 г. составлял 170,4 кг у.т./Гкал (увеличился на 8,3% по сравнению с 2019 г.). Стоит отметить, что наименьшая величина УРУТ на котельных наблюдалась в Центральном федеральном округе (ЦФО) и находилась на уровне 162,7–157 кг у.т./Гкал в 2016–2020 гг. Наиболее высокое значение УРУТ было зафиксировано на котельных в Дальневосточном федеральном округе и составило 208,1 кг у.т./Гкал, причем, в течение 5 лет УРУТ котельных в ДФО ежегодно рос (за исключением 2019 г.).

*Тепловые сети.* Общая протяженность трубопроводов тепловых сетей в России за 2016–2020 гг. снизилась на 4,1 тыс. км и составила в 2020 г. 167,4 тыс. км в двухтрубном исчислении, наибольшую долю которых (74,4%) составляют сети диаметром менее 200 мм, 16,2% трубопроводов имеют диаметр от 200 до 400 мм, оставшиеся 9,4% приходится на теплосети диаметром свыше 400 мм.

Около 30% (51,5 тыс. км) трубопроводов теплосетей требуют замены [10], а около 23% (38,8 тыс. км) всех сетей являются ветхими (сети, имеющие износ по данным технической инвентаризации свыше 60%, см. форму 1-ТЕП – *прим. авт.*).

Таким образом, несмотря на снижение общей протяженности трубопроводов теплосетей идет рост сетей, выработавших свой нормативный ресурс, и ветхих сетей.

При этом, ежегодно в среднем по России обновляется порядка 2% всех трубопроводов теплосетей [10].

Исходя из приведенных данных Доклада [10], число аварий на 1 тыс. км трубопроводов в целом по стране находилось примерно на одном уровне – в диапазоне 20–25 шт. на 1 тыс. км в течение 2016–2020 гг.

*Баланс тепловой энергии в системах ЦТ.* Отпуск тепловой энергии (ТЭ) от источников тепловой энергии в системах ЦТ снизился за последние 15 лет на 18%. Минимальное значение отпуска ТЭ составило 1221 млн Гкал в 2020 г., потребление ТЭ в 2020 г. составило 1126 млн Гкал.

В рассматриваемом информационно-аналитическом докладе сделан, в частности, вывод, что отпуск ТЭ от котельных мощностью 100 Гкал/ч растет за 2016–2020 гг. Видимо, допущена ошибка, т.к. вышеприведенные данные показывают, что количество котельных мощностью более 100 Гкал/ч уменьшилось за 5 лет. В Докладе указаны не только котельные более 100 Гкал/ч, но и прочие котельные (речь, видимо, идет про котельные мощностью менее 3 Гкал/ч и котельные мощностью от 3 до 20 Гкал/ч – *прим. авт.*).

Структура отпуска тепла в 2020 г. выглядела следующим образом: доля ТЭС и котельных составили по 46%; около 8% тепловой энергии было отпущено от промышленных установок.

В 2016–2020 гг. годовые значения отпуска тепловой энергии от систем ЦТ в целом по стране колебались на уровне 1285–1221 млн Гкал.

За последние более чем 15 лет конечное потребление тепловой энергии в системах ЦТ снизилось с 1382 до 1126 млн Гкал в год (т.е. на 18,5%), душевое потребление (в среднем по стране) – с 10,0 до 7,7 Гкал/чел. в год.

Потребление тепловой энергии в системах ЦТ России в 2020 г. составило 1126 млн Гкал, 49% из них пришлось на промышленность и 39% – на население и бюджетные организации.

В 2016–2020 гг. годовые значения потребления тепловой энергии от систем ЦТ в целом по стране колебались на уровне 1170–1126 млн Гкал.

В 2020 г. относительно 2019 г. потребление ТЭ снизилось на 4%. При этом потребление тепловой энергии населением сократилось на 7%, прочими отраслями – на 10%, а промышленностью – на 1%.

Тепловые потери от полезного отпуска, по данным Росстат (Баланс энергоресурсов, 1-натура), за период 2016–2020 гг. составили около 9,8–8,4%.

При этом, по данным формы 1-ТЕП, тепловые потери от полезного отпуска теплоснабжающими организациями (ТСО) в 2020 г. составили 119,5 млн Гкал. Это 10,6% от величины полезного отпуска ТЭ от систем ЦТ в целом по стране (1126 млн Гкал) или 15,2% от полезного отпуска по форме 1-ТЕП.

*Аварийность систем централизованного теплоснабжения.* Анализ аварийности в системах ЦТ, приведенный в [10], был выполнен по сведениям Росстата и Минэнерго России.

По данным формы Росстата 1-ТЕП «Сведения о снабжении теплоэнергией», за период 2015–2020 гг. общее число аварий в РФ снизилось с 5799 до 4411 шт. (на 24%), а в 2020 г. по отношению к 2019 г. – уменьшилось на 8,2% (включаются аварии, которые приводят к прекращению подачи ТЭ потребителям на отопление и ГВС на период более 6 ч).

ФГБУ «САЦ Минэнерго России» осуществляет сбор данных в соответствии с Приказом Минэнерго России от 23.07.2012 г. № 340, в том числе:

- о пожарах;
- об аварийном отключении или повреждении оборудования ТЭС или электрических сетей в отопительный сезон, приводящее к снижению температуры теплоносителя в тепловых сетях более чем на 25%;
- о прекращении теплоснабжения населения;
- о количестве аварийных ситуаций, приводящих к перерыву теплоснабжения потребителей, с указанием:
  - продолжительности перерыва в теплоснабжении (менее 24 ч и более 24 ч);
  - количества потребителей, оставшихся без теплоснабжения;
  - вида тепловых сетей (магистральные, распределительные) и причин возникновения (наружная или внутренняя коррозия, дефекты ремонта и монтажа, другие причины).

Согласно данным ФГБУ «САЦ Минэнерго России» (осуществляет сбор данных в соответствии с приказом Минэнерго России от 23.07.2012 г. № 340), число аварий в России в 2018–

2020 г. выросло на 77 ед. или на 47,5%. В 2020 г. произошло 239 случаев технологических нарушений и аварий в 61 субъекте РФ, из них 213 аварий, которые привели к прекращению теплоснабжения 1788 тыс. чел., из них серьезно пострадало 11 чел., погибло 7 чел. [10].

Число пострадавших людей из-за аварий в системах ЦТ за период 2018–2020 гг. выросло почти в два раза [10]: в 2018 г. – 922,1 тыс. чел.; в 2019 г. – 1463,8 тыс. чел.; в 2020 г. – 1788,1 тыс. чел.

*Аварии на источниках тепловой энергии.* По данным формы 1-ТЕП Росстата, число аварий на источниках теплоснабжения по РФ за 2016–2020 гг. снизилось почти в два раза: 2016 г. – 1369 шт.; 2020 г. – 692 шт.

В ФГБУ «САЦ Минэнерго России» в 2020 г. зафиксировано 34 случая прекращения теплоснабжения в связи с авариями на источниках тепловой энергии: 33 – на котельных; 1 – на ТЭС. В соответствии с этими данными, количество аварий на источниках теплоснабжения за период 2018–2020 гг. увеличилось с 21 до 34 случаев.

*Аварии на паровых и тепловых сетях.* Общее число аварий на паровых и тепловых сетях в России за 2016–2020 гг. снизилось с 4286 до 3688 шт. (на 14%): 2016 г. – 4286 шт.; 2017 г. – 3819 шт.; 2018 г. – 3432 шт.; 2019 г. – 3881 шт.; 2020 г. – 3688 шт.

По данным ФГБУ «САЦ Минэнерго России», число случаев прекращения теплоснабжения в связи с авариями и инцидентами на тепловых сетях за период с 2018–2020 гг. увеличилось со 141 до 205 шт.

Основные причины прекращения теплоснабжения на теплосетях следующие: человеческий фактор; наезд транспортного средства, проведение работ/устранение дефектов; повреждение/износ оборудования; отключение электроэнергии; повреждение оборудования; пожар; порыв трубопровода; утечка теплоносителя и прочие. Большая часть (около 70%) случаев прекращения теплоснабжения на тепловых сетях приходится на порывы трубопроводов.

Среднее время ликвидации аварии, по данным ФГБУ «САЦ Минэнерго России», в 2020 г. составило 9 ч. 45 мин.

Количество человек, оставшихся без теплоснабжения на 24 ч и более, по данным ФГБУ «САЦ Минэнерго России»,

в 2020 г. уменьшилось по сравнению с 2019 г. на 27%: 2018 г. – 78 840 чел.; 2019 г. – 157 850 чел.; 2020 г. – 115 825 чел.

**Финансовые показатели и инвестиции в системы ЦТ.** Выручка предприятий систем ЦТ за реализованную ТЭ в 2020 г. составила 1890 млрд руб., что на 4% ниже 2019 г.: 935 млрд руб. (на 17% ниже 2019 г.) составили платежи населения, 955 млрд руб. (на 12% выше чем в 2019 г.) – платежи промышленности и прочих потребителей. Сокращение выручки произошло за счет снижения платежей населения (видимо, за счет ухудшения платежной дисциплины по причине падения доходов населения в течение пандемии 2020 г.). За период 2016–2020 гг. валовая выручка снизилась с 1904,8 до 1890,5 млрд руб., т.е. на 14,3 млрд руб.

В целом отрасль теплоснабжения продолжила оставаться убыточной – в 2020 г. убыток в целом по сфере теплоснабжения составил – 180 млрд руб.

Фактический объем финансирования отрасли из бюджетов всех уровней на компенсацию разницы между экономически обоснованными и действующими тарифами для населения составил 113 млрд руб. Причем, объем финансирования сферы теплоснабжения за период 2016–2020 гг. увеличился с 79,34 до 113,33 млрд руб., т.е. почти на 34 млрд руб.

Инвестиции в сферу теплоснабжения в 2020 г. составили 165,7 млрд руб., из которых 89,7 млрд руб. пришлось на производство; 72,5 млрд руб. – на передачу и распределение ТЭ. Объем инвестиций в системы ЦТ в 2016–2020 гг. увеличился более чем на 70%.

Основным источником инвестиций в основной капитал в сфере ЦТ являются собственные средства организаций (80%), 20% – привлеченные средства (из них 12% – бюджетные средства, 7% – заемные средства других организаций и только 3% – банковские кредиты). Привлеченные кредиты банков на уровне 3% всех инвестиций в сферу теплоснабжения говорят о низкой инвестиционной привлекательности отрасли.

Одним из механизмов привлечения инвестиций в отрасль является заключение концессионных соглашений. На конец 2020 г. в сфере теплоснабжения действовало 1320 концессионных соглашений с обязательствами по инвестированию в размере около 205 млрд руб.

Ниже остановимся на анализе и конкретных примерах схем теплоснабжения городов различной численностью с целью выявления основных проблем и особенностей функционирования систем ЦТ в них.

*Анализ схем теплоснабжения крупных городов.* В соответствии с нормативными требованиями, Минэнерго России осуществляет утверждение схем теплоснабжения поселений, городских округов с численностью населения пятьсот тысяч человек и более, а также городов федерального значения, общее количество которых, по состоянию на 01.01.2023 г., составляет 41 город (в 2018–2019 гг. отметку в 500 тыс. чел. перешагнули два городских округа – г.о. Сочи и г.о. Балашиха Московской области).

На сегодняшний день нет утвержденных на законодательном уровне комплексных показателей энергоэффективности оценки решений, закладываемых в схему теплоснабжения поселений и городских округов.

В работах [7, 11] в качестве наглядного примера, в частности, нами была сделана сравнительная оценка таких показателей схем теплоснабжения почти 30 крупных городов как: установленная тепловая мощность котельных и ТЭЦ; подключенная тепловая нагрузка котельных и ТЭЦ; годовой отпуск тепловой энергии с котельных и ТЭЦ (в границах каждого города), а также крупные города были разбиты на условные типологические группы (промышленные, северные, приморские, прочие) с указанием диапазона удельной тепловой нагрузки (Гкал/ч/1000 чел.) и удельного отпуска тепловой энергии (Гкал/чел.\*год).

Но нужно переходить к показателям оценки эффективности систем ЦТ городов с учетом их территориальных особенностей. В работах [7, 11] предложено, в частности, два таких показателя: удельное потребление топлива на человека «очищенное» от климатической составляющей – градусо-суток отопительного периода (ГСОП) («очистка от климата» позволила получить более корректные сравнительные данные по городам) и эффективность выработки энергии.

В настоящей статье мы продолжили исследовать данный вопрос и провели оценку рассмотренных двух показателей эффективности систем теплоснабжения в границах самой крупной системы ЦТ в мире – в г. Москве.

На рис. 1 и 2 наглядно показано сравнение предлагаемых показателей оценки эффективности систем ЦТ г. Москвы с другими крупными городами России.

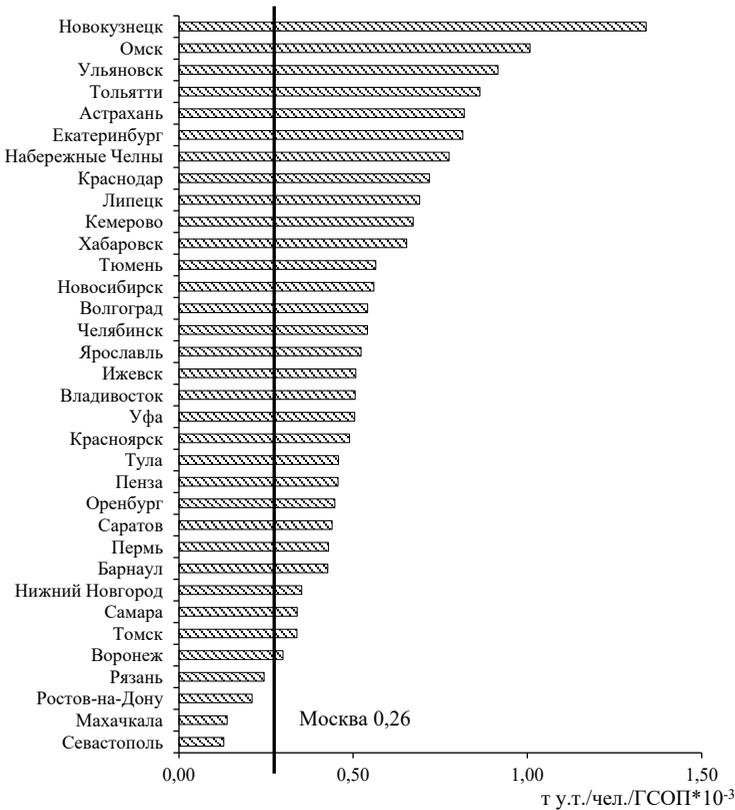


Рис. 1. Сравнение величины удельного годового потребления условного топлива на человека («очищенное от климата») г. Москвы с крупными городами РФ численностью от 500 тыс. чел. и выше, т у.т./чел./ГСОП\*10<sup>-3</sup>

Из приведенных данных на рис. 1 видно, что удельное потребление условного топлива в год на одного жителя в крупных городах России («очищенное от климата») сегодня разнится в разы: от 0,13 до 1,34 т у.т./чел./ГСОП\*10<sup>-3</sup>. Необходимо отметить, что данный удельный показатель включает в себя также затраты топлива на выработку электроэнергии на действующих ТЭЦ, расположенных в границах городов, которая поставляется

в ЕЭС России (за исключением изолированных энергоузлов). Поэтому, например, такие южные города как Севастополь и Махачкала имеют низкие удельные топливные затраты в связи с малой выработкой собственной электроэнергии. Москва также имеет достаточно низкую удельную величину годового потребления топлива на человека по следующим двум основным причинам: в границах столицы практически отсутствуют промышленные предприятия, т.к. они ранее были выведены за границы мегаполиса или ликвидированы; с 2013 г. столица превратилась из экспортера в импортера электроэнергии (т.е. в балансе Москвы собственной выработки электроэнергии недостаточно для покрытия нужд всех потребителей мегаполиса).

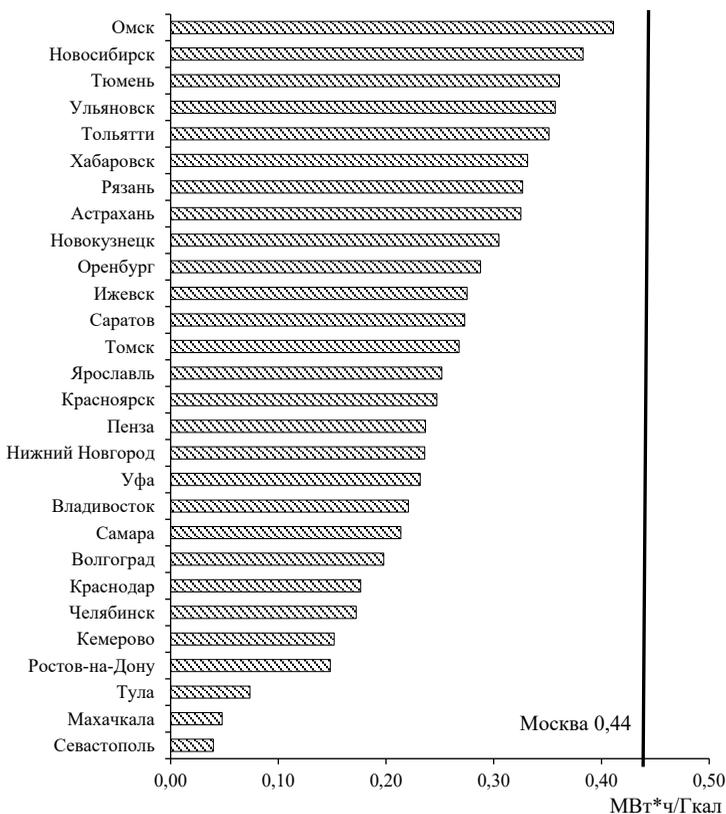


Рис. 2. Сравнение показателя эффективности выработки энергии (МВт\*ч/Гкал) г. Москвы с крупными городами РФ численностью от 500 тыс. чел. и выше

На рисунке 2 представлен расчет эффективности выработки энергии ( $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{Гкал}$ ), сделанный для г. Москвы и ряда других крупных городов, который определяется как отношение выработки электроэнергии на тепловом потреблении к сумме выработанной (отпущенной) тепловой энергии в городе [12].

Приведенные данные (см. рис. 2) показывают насколько эффективно используются существующие ТЭЦ (комбинированные источники выработки тепловой и электрической энергии) в городах РФ. Причем, в тех же южных городах Махачкале и Севастополе доля выработки электроэнергии на тепловом потреблении находится на очень низком уровне. В то время как, например, в Москве эффективность выработки энергии самая высокая (исходя из исходных данных схем теплоснабжения городов).

Ниже покажем как изменяется показатель эффективности выработки энергии в зависимости от предлагаемых перспективных решений в схеме теплоснабжения г. Москвы (актуализация на 2023 г.).

На рисунке 3 наглядно показано изменение рассматриваемого показателя оценки эффективности выработки энергии для г. Москвы (включая территорию ТиНАО) по двум вариантам развития системы ЦТ мегаполиса (на основании данных проекта схемы теплоснабжения Москвы до 2035 г. (актуализация на 2023 г.) [13]) – период реализации до 2035 г. и на полное развитие Генерального плана города соответственно.

Вариант 1. Теплоснабжение города к 2035 г. предусматривается от 1 084 источников тепловой энергии и АИТ суммарной тепловой мощностью 58 877,5 Гкал/ч (рост на 1,1%), электрической – 10 759 МВт.

Вывод из эксплуатации 63 котельных (из них 1 – вывод в длительную консервацию). Ввод до 2035 г. 92 новых котельных (из них 56 АИТ суммарной мощностью 0,12 тыс. Гкал/ч) суммарной мощностью 1,85 тыс. Гкал/ч.

Вариант 2. На полное развитие Генерального плана (за расчетным сроком) – от 1108 источников суммарной тепловой мощностью 61 087,7 Гкал/ч (рост на 4,9%), электрической – 10 759 МВт.

Выводимые источники теплоснабжения из эксплуатации и в длительную консервацию аналогичны варианту 1. На полное

развитие Генерального плана (за расчетным сроком) – ввод 206 котельных (из них 146 АИТ – 0,44 тыс. Гкал/ч) суммарной тепловой мощностью 3,62 тыс. Гкал/ч.

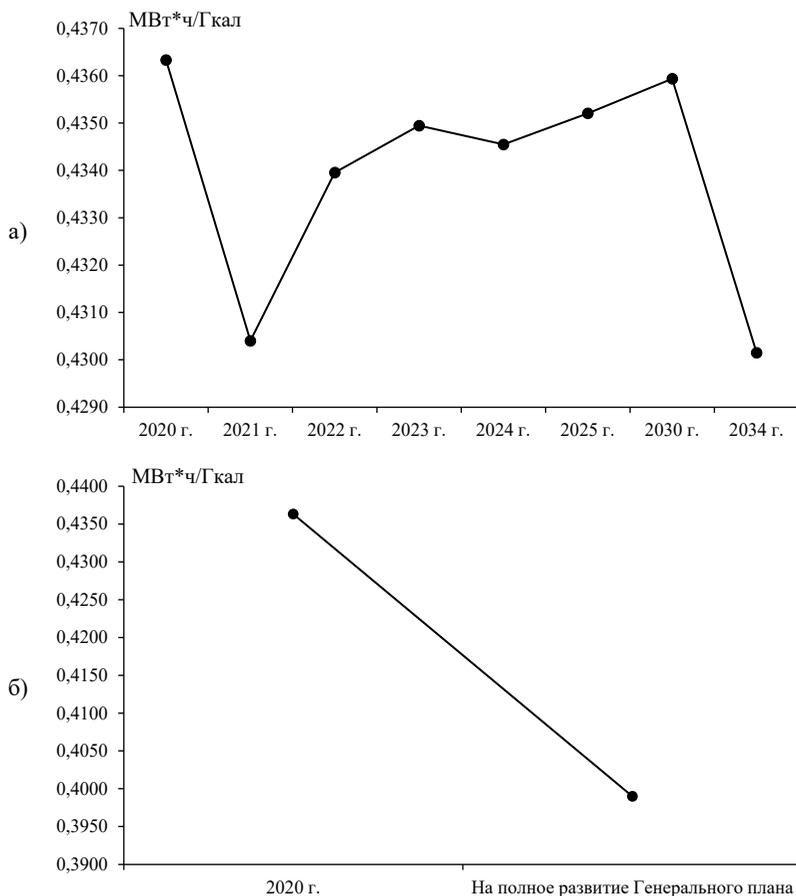


Рис. 3. Эффективность выработки энергии (МВт\*ч/Гкал) в г. Москве в зависимости от варианта развития:

а – вариант 1 (реализация схемы теплоснабжения на период до 2035 г.);

б – вариант 2 (реализация схемы теплоснабжения на полное развитие Генерального плана города).

Таким образом, на сегодняшний день Москва имеет самый высокий показатель эффективности выработки энергии среди других городов страны, но решения, предлагаемые в схеме теплоснабжения

по развитию источников теплоснабжения, приводят к снижению данного показателя в перспективе по обоим вариантам развития, что частично связано с увеличением доли котельных за счет территории ТиНАО.

Аналогичным образом можно проводить оценку эффективности выработки энергии в границах городов, имеющих комбинированные источники тепло- и электроснабжения, как в текущем состоянии, так и в перспективе с учетом предлагаемых решений по развитию систем ЦТ в схемах теплоснабжения городов.

**Особенности систем теплоснабжения городов.** Основываясь на опыте разработки/актуализации схем теплоснабжения более чем 50 поселений и городских округов различной численностью от 4 тыс. чел. и выше (включая города численностью свыше 500 тыс. чел.), ниже рассмотрим особенности и основные проблемы систем ЦТ в них, которые присущи многим населенным пунктам России, включая перспективные решения, предусмотренные схемой теплоснабжения.

Анализ существующего состояния систем теплоснабжения городов в рамках разработки/актуализации позволяет выделить следующие типовые проблемы.

1. Превышение нормативного срока эксплуатации основного оборудования источников теплоснабжения (в основном котлов) на источниках теплоснабжения.

2. Дефицит тепловой мощности на отдельных котельных в городах РФ наблюдается при расчетной температуре наружного воздуха. В единичных случаях (в Московской области) данный дефицит связан с отсутствием лимитов природного газа.

3. Наличие значительного резерва установленной тепловой мощности (свыше 50% с учетом потерь при передаче тепловой энергии и собственных нужд) на ряде источников тепловой энергии (резерв установленной тепловой мощности свыше 50% в основном имеет место быть на ряде котельных в южных городах), что приводит к дополнительным издержкам на содержание тепловых мощностей.

4. В границах поселения или городского округа на котельных отсутствуют водоподготовительные установки (ВПУ), что влияет на снижение качества теплоснабжения и надежности систем ЦТ ввиду повышенного уровня внутренней коррозии трубопроводов

тепловых сетей и их преждевременному износу. Так, например, по нашему опыту, в ряде городов доля котельных, где отсутствует система водоподготовки, находится на уровне 10–100%. При этом, доля котельных без системы водоподготовки в городах Центральной части России (ЦФО) составляет не более 20%, в южных городах (ЮФО) – 30–50%; в северных городах (СЗФО, ДФО) эта доля доходит до 100%.

5. Наличие подвальных котельных в отдельных южных городах (численностью 160–250 тыс. чел.), подлежащих ликвидации согласно требованиям федерального закона № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и «Правил безопасности систем газораспределения и газопотребления» (ПБ 12-529-03).

6. В отдельных южных городах (ЮФО) котельные на газовом топливе имеют удельный расход условного топлива (УРУТ) на выработку более 200 кг у.т./Гкал (в других городах ЮФО и ЦФО среднее значение УРУТ котельных на газовом топливе составляет 180–190 кг у.т./Гкал).

В некоторых северных городах (СЗФО и ДФО) повышенный УРУТ котельных (более 320 кг у.т./Гкал) связан с использованием в качестве топлива угля низкого качества (например, с большим разбросом по фракционному составу).

На ряде котельных в отдельных городах выявлены заниженные значения УРУТ, что нарушает физический смысл – менее 142,86 кг у.т./Гкал.

7. Средний КИУМ котельных в городах численностью менее 500 тыс. чел. (южные, северные, прочие) находится в диапазоне 24–27%. При этом, КИУМ отдельных котельных в городах не превышает 1%. КИУМ тепловой мощности ГРЭС (ТЭС), ТЭЦ, мини-ТЭЦ составляет в городах – 8–29%.

8. Проведение расчетов гидравлического режима на базе электронной модели системы теплоснабжения показывает, что в ряде случаев диаметры трубопроводов тепловых сетей завышены, что приводит к повышенным тепловым потерям.

9. Температурные графики не выдерживаются и отличаются от проектных, компенсация снижения температуры в подающем и обратном трубопроводе приводит к увеличению расхода теплоносителя в системе ЦТ, что снижает эффективность

функционирования системы ЦТ. Например, в г. Певек Чукотского АО температурный график от Чаунской ТЭЦ составляет 85/63 °С, данное изменение температурного графика было вызвано снижением тепловой нагрузки города и «спасением» гидравлического режима системы ЦТ (с начала 1990-х гг. город Певек является «лидером» в части выбытия населения среди всех городов России).

10. Не смотря на наличие обязательных требований нормативно-правовых актов РФ по организации учета отпускаемой и потребляемой тепловой энергии, на сегодняшний день ряд источников тепловой энергии в различных регионах не имеют коммерческих узлов учета тепловой энергии (УУТЭ), в этой связи учет отпускаемой тепловой энергии осуществляется в основном приборно-расчетным методом в отсутствие УУТЭ на источниках теплоснабжения.

В городах, где нами проводилась разработка/актуализация схем теплоснабжения, УУТЭ отсутствуют на 10-100% всех источников теплоснабжения, функционирующих в границах поселения/городского округа.

Высокий процент отсутствия УУТЭ на котельных приходится на южные города и мелкие поселения, при этом на котельных в городах ЦФО УУТЭ присутствуют на 30-70% всех котельных.

По оценкам отдельных экспертов, около 60% всех потребителей в РФ ведут расчеты за потребленную тепловую энергию и ГВС на основании коммерческих УУТЭ.

В обследованных городах доля потребителей, имеющих УУТЭ, составляет от 20 до 70%.

11. Фактические потери тепловой энергии (определялись нами по одной из современных методик [14] в отдельных поселениях, при наличии УУТЭ на источнике теплоснабжения и высокой доли оснащения УУТЭ потребителей) превышают нормативные на источниках теплоснабжения (в границах поселения или городского округа).

Среднее значение тепловых потерь в тепловых сетях от источников ЦТ в обследованных городах составляет от 12 до 30%.

12. В поселениях и городских округах России, где нами проводилась разработка/актуализация схем теплоснабжения, доля

теплосетей, выработавших свой нормативный износ, составляет от 15 до 100%. Наибольший нормативный износ наблюдается в небольших поселениях.

При этом, данные о фактическом износе трубопроводов тепловых сетей в большинстве своем у ТСО отсутствуют по причине неиспользования современных методов диагностики трубопроводов. Крупные ТСО (в основном в больших городах) имеют возможность проводить диагностику трубопроводов (включая методы неразрушающего контроля, включая проведение НИР/НИОКР по новым способам диагностики, например, с использованием предиктивной гидроструйной диагностики [15]).

13. В различных городах России (в ЦФО, ЮФО, СЗФО, ДФО) нагрузка на ГВС составляет от 5 до 20%. Независимо от территориальной принадлежности с начала 1990-х гг. имело место снижение нагрузки ГВС многоквартирных домов за счет перехода на электрические водонагреватели. При этом, возврат к централизованному ГВС является проблематичным, т.к. необходимы затраты на восстановление систем ГВС.

**Финансирование отрасли.** Стратегия развития строительной отрасли и ЖКХ Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года утверждена распоряжением Правительства РФ № 3268-р от 31.10.2022 г. (далее – Стратегия).

Ниже представлены задачи и мероприятия (выборка), предусмотренные Стратегией:

- Доведение темпов замены сетей теплоснабжения до уровня не менее 5% в год;
- Снижение потерь тепловой энергии, повышение энергетической эффективности сферы теплоснабжения и снижение аварийности на сетях теплоснабжения (всех типов прокладки, надземной, подземной, транзитных трубопроводов и т.д.);
- Проведение оценки состояния систем теплоснабжения на постоянной основе.

Для реализации указанных мероприятий и решения поставленных задач, в частности, из Федерального бюджета (Фонда национального благосостояния) Фонд ЖКХ за 2023-2027 гг. будет предоставлено порядка 750 млрд руб.

По нашему мнению, вкладывание бюджетных средств исключительно в обновление трубопроводов тепловых сетей не позволит решить системных проблем систем ЦТ (т.к. необходимо, в частности, бороться с причиной (например, решать вопросы организации химводоподготовки на источниках теплоснабжения для снижения уровня внутренней коррозии трубопроводов и преждевременному выходу их из строя), а не со следствием и снизить существенно уровень субсидирования со стороны бюджетов всех уровней в системы ЦТ.

Стоит отметить, что, основываясь на нашем опыте, снижение уровня субсидирования возможно за счет внешних инвестиций, в первую очередь за счет внедрения концессии [16]. Например, в рамках концессии в одном из южных городов (численностью свыше 150 тыс. чел.), в частности, предусматривается переключение тепловой нагрузки четырех муниципальных котельных на одну коммерческую мини-ТЭЦ, что позволяет снизить уровень бюджетного финансирования тарифа на тепловую энергию муниципального предприятия, обслуживающего в настоящий момент данные котельные, более чем на 300 млн руб. за 15 лет по сравнению с вариантом развития системы ЦТ, которая не затрагивает переключение тепловой нагрузки муниципальных котельных.

Таким образом, снижение уровня субсидирования тарифа на тепловую энергию муниципальных предприятий возможно за счет привлечения внешних инвесторов и концессионеров при обязательной поддержке региональных и/или федеральных властей, т.к. в ряде случаев, «буксирование» реализации концессионных соглашений происходит на муниципальном уровне.

### ***Выводы.***

1. Системные проблемы в сфере теплоснабжения за последние пять лет не изменились, изменилась лишь их динамика.
2. Предложен вариант оценки текущей эффективности функционирования систем ЦТ на базе источников с комбинированной выработкой энергии, а также – вариантов перспективного развития систем ЦТ в городах.
3. На основании реального опыта обследования систем ЦТ в рамках разработки/актуализации схем теплоснабжения поселений и городских округов выявлены ключевые проблемы систем ЦТ, которые характерны для большинства городов России.

4. На основании конкретных примеров показаны реальные финансовые результаты внедрения концессии, в частности, с целью снижения уровня субсидирования тарифа на тепловую энергию для муниципального предприятия теплоснабжения за 15-летний период.

5. Федеральное финансирование, предназначенное в основном для обновления трубопроводов тепловых сетей, рекомендуется более целенаправленно использовать с учетом реального комплекса существующих системных проблем отрасли теплоснабжения.

### Список литературы

1. Папушкин В.Н. Кризис «Схем теплоснабжения» или взлет «Энергетического планирования»? // *Новости теплоснабжения*. 2007. № 11. С. 10–17.
2. Семенов В.Г. К концепции энергетического развития // *Новости теплоснабжения*. 2020. № 1. С. 8–10.
3. Схема теплоснабжения города как инструмент стратегического планирования / В.В. Семикашев, Д.О. Метельков // *Стратегическое планирование и развитие предприятий: Материалы XXIII Всероссийского симпозиума, Москва, 12–13 апреля 2022 года*. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2022. – С. 201–203. DOI: 10.34706/978-5-8211-0802-9-s2-18
4. Папушкин В.Н. О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения // *Новости теплоснабжения*. 2012. № 3. С. 8–9.
5. Кирюхин С.Н., Сеннова Е.В., Шиманская А.О. Статистический анализ данных о технологических нарушениях при оценке надежности функционирования оборудования тепловых сетей // *Новости теплоснабжения*. 2018. № 8. С. 30–34.
6. Дыскин А.В., Хараим А.А. Переключение нагрузок с котельных на ТЭЦ как эффективный способ оптимизации системы теплоснабжения // *Новости теплоснабжения*. 2020. № 1. С. 22–26.
7. Гашио Е.Г., Пузаков В.С. Схемы теплоснабжения российских регионов и реальная жизнь // *Новости теплоснабжения*. 2020. № 2. С. 8–22.
8. Зубанов А.А. Мелочей не бывает // *Новости теплоснабжения*. 2020. № 2. С. 24–30.
9. Сизоненко Д.Н. О некоторых неиспользуемых данных схемы теплоснабжения // *Новости теплоснабжения*. 2020. № 4. С. 19–23.
10. О состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2020 году / Информационно-аналитический доклад. Министерство энергетики РФ, ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/22832> (дата обращения 01.02.2023).
11. Гашио Е.Г., Пузаков В.С., Гужов С.В. Анализ проблем и тенденций развития систем теплоснабжения крупных городов России // *Теплоэнергетика*. 2021. № 3. С. 75–88. DOI: 10.1134/S0040363621020028
12. Шлапаков В.И. Показатель энергоэффективности – основа развития энергетики // *Энергетика и промышленность России*. – 17 С. Июнь 2008 г. № 12 (104).
13. Проект схемы теплоснабжения Москвы до 2035 г. (актуализация на 2023 г.). Режим доступа: <https://www.mos.ru/dgkh/documents/skhemu/view/268973220/> (дата обращения 28.09.2022).
14. Семенов В.Г., Разоренов Р.Н. Экспресс-анализ зависимости эффективности транспорта тепла от удаленности потребителей // *Новости теплоснабжения*. 2006. № 6. С. 36–38.

15. Корнеев И.С., Рассадкин А.Г., Пузаков В.С. Оценка остаточного ресурса трубопроводов систем теплоснабжения аппаратом предиктивной гидроструйной диагностики // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать девятая Международ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (16-18 марта 2023 г., Москва): Тез. докл. – М.: ООО «Центр Полиграфических услуг “Радуга”», 2023. – С. 670.
16. Анализ концессий и ценовых зон в сфере теплоснабжения / А. С. Терентьева // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXI Всероссийского симпозиума, Москва, 10–11 ноября 2020 г // Центральный экономико-математический институт Российской академии наук. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2020. – С. 606–608. DOI: 10.34706/978-5-8211-0783-1-s4-55

**Для цитирования:** Пузаков В.С. Схемы теплоснабжения городов России 10 лет спустя: опыт, проблемы, тенденции // Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2023. № 1. С. 55–74.  
DOI: 10.47711/2076-3182-2023-1-55-74

## Summary

### HEAT SUPPLY SCHEMES OF RUSSIAN CITIES 10 YEARS LATER: EXPERIENCE, PROBLEMS, TRENDS

**PUZAKOV Vyacheslav S., Ph.D.,** PuzakovVS@mail.ru, General Director, LLC «Bureau Energy», Ramenskoye, Moscow Region, Russia

**Abstract.** The article provides an analysis of the current situation in the field of heat supply and the changes in the industry in 2016–2020, an analysis of heat supply schemes for a number of settlements and urban districts, including features and current problems of district heating systems, proposed indicators for a comparative assessment of heat supply schemes for territories, including an assessment of promising scenarios for the development of heat supply systems.

**Keywords:** heat supply scheme, heat supply sphere, district heating supply system, heating supply sources, heating pipelines, heat energy, energy generation efficiency

**For citation:** Puzakov V.S. Heat Supply Schemes of Russian Cities 10 Years Later: Experience, Problems, Trends // Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2023. No. 1. Pp. 55–74.  
DOI: 10.47711/2076-3182-2023-1-55-74