

---



---

**ТЕПЛОФИКАЦИЯ  
И ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ**


---



---

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ  
НА ИНЖЕНЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
(НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)**

© 2023 г. Д. А. Мильков<sup>а</sup>, Ю. В. Юферев<sup>а</sup>, А. И. Тютюнников<sup>а</sup>, А. С. Горшков<sup>а</sup>, \*

<sup>а</sup>АО «Газпром промгаз», Синопская наб., д. 54, Санкт-Петербург, 191124 Россия

\*e-mail: A.Gorshkov@spb.promgaz.gazprom.ru

Поступила в редакцию 19.05.2022 г.

После доработки 18.09.2022 г.

Принята к публикации 28.09.2022 г.

Наблюдения за климатом на Земле за последние 100–150 лет показали, что температура атмосферного воздуха в приземном слое интенсивно повышается. Мегалополисы и иные населенные пункты являются крупными источниками теплового загрязнения воздушного бассейна планеты. Транспорт, отапливаемые здания, тепловые и электрические сети выделяют значительное количество энергии, которая аккумулируется воздушной средой городов и впоследствии рассеивается в окружающее пространство. Наиболее интенсивное изменение температуры воздуха отмечено за последние 50 лет. При этом наибольший прирост температуры наружного воздуха, например в Санкт-Петербурге, наблюдается в холодный период года. Установлено, что средняя температура воздуха в холодный период года (с октября по апрель) возросла на 1.51°C, а за такой же интервал времени, но в теплый период года (с мая по сентябрь) средняя температура воздуха повысилась на 0.72°C, т.е. в 2 раза меньше, чем в холодный период. При изучении нормативных и справочных документов было установлено, что приведенные расчетные климатические данные в значительной степени отстают от происходящих изменений климата. В работе выполнен анализ температур наружного воздуха в Санкт-Петербурге за период с 1992 по 2021 г. и произведена оценка температур воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92 и 0.98, а также абсолютной минимальной температуры воздуха за рассматриваемый 30-летний интервал времени. Отмечено, что фактические климатические показатели, определенные на основании статистической обработки массивов суточных данных, оказываются на 3–4°C выше нормативных. Поэтому при проектировании зданий на расчетные условия договорные нагрузки существенно завышаются по сравнению с фактическими, что выявляется при разработке схем теплоснабжения населенных пунктов. Учет фактических климатических показателей позволяет обоснованно снизить договорные тепловые нагрузки потребителей и, как следствие, обеспечить экономию тепловой энергии без ухудшения качества теплоснабжения.

*Ключевые слова:* климат, расчетные показатели климата, температура наружного воздуха, энергопотребление, теплоснабжение, тепловые нагрузки

**DOI:** 10.56304/S0040363623030049

Повышение среднегодовой температуры атмосферного воздуха на различных участках планеты становится все более заметным и оказывает существенное влияние на климатические условия [1–5]. Воздействие климата и его изменений на строительную отрасль, дорожную сеть, наземный транспорт подробно рассмотрено в исследованиях [6–26].

Факторы повышения температур наружного воздуха целесообразно учитывать при разработке и актуализации схем и программ развития инженерно-энергетического комплекса населенных пунктов, поскольку их последствия сказываются

как на реальных доходах населения, так и на экономике населенных пунктов в целом.

На рис. 1 показано изменение среднегодовой температуры наружного воздуха  $t_{ср.г}$  в Санкт-Петербурге за период с 1743 по 2021 г. – наблюдается устойчивый возрастающий тренд [4, 5].

В 2020 г. среднегодовая температура наружного воздуха в Санкт-Петербурге составила 8.3°C, что на 2.7°C выше значения, приведенного в своде правил по строительной климатологии (5.6°C) [27]. Анализ климатических данных за последние 50 лет показывает, что средняя температура воздуха в холодный период года  $t_{ср}$  возросла на 1.51°C (рис. 2, а), а за такой же интервал времени в теп-

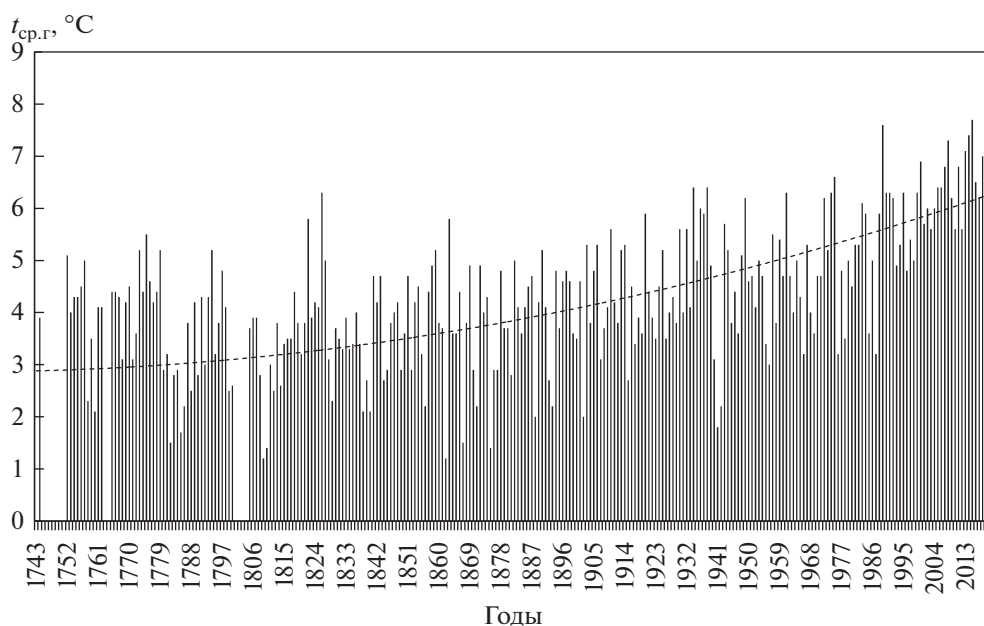


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры наружного воздуха в Санкт-Петербурге

лый период года — только на  $0.72^{\circ}\text{C}$  (рис. 2, б), т.е. в холодный период года прирост средней температуры наружного воздуха оказался в 2 раза интенсивнее, чем в теплый период.

Максимальное повышение температуры наружного воздуха за последние 50 лет (на  $1.5\text{--}2.5^{\circ}\text{C}$ ) наблюдается в наиболее холодные месяцы года (с декабря по март), в то время как в летние месяцы за такой же временной интервал оно не превышает  $0.8^{\circ}\text{C}$ , а в сентябре составляет всего  $0.4^{\circ}\text{C}$  [4, 5].

В рамках настоящего исследования выполнена оценка влияния изменения климата на инженерно-энергетический комплекс Санкт-Петербурга.

При проектировании систем отопления и вентиляции в качестве начальных условий задают расчетные климатические параметры. Например, для систем отопления зданий в качестве расчетной температуры наружного воздуха принимают температуру воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92, которая для климатических условий Санкт-Петербурга составляет  $-24^{\circ}\text{C}$ . Другие расчетные температуры для холодного периода года в Санкт-Петербурге, в том числе с учетом ретроспективных изменений нормативной документации, указаны в табл. 1.

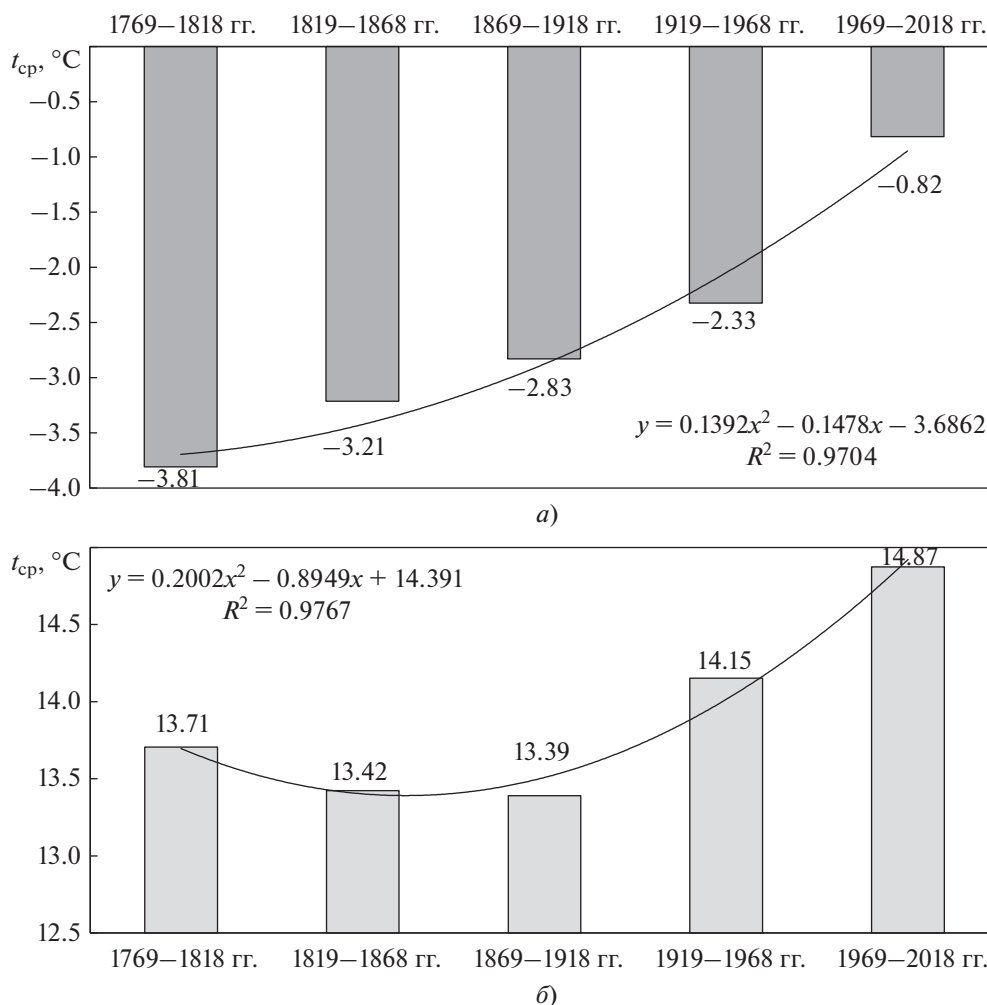
Для сравнения в табл. 1 приведены данные стандартов по строительной климатологии раз-

Таблица 1. Расчетные параметры наружного воздуха в Санкт-Петербурге в холодный период года

Стандарт (СНиП / СП)	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$				Абсолютная минимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$
	наиболее холодных суток обеспеченностью		наиболее холодной пятидневки обеспеченностью		
	0.98 <sup>1</sup>	0.92	0.98 <sup>1</sup>	0.92	
СНиП II-A.6-62	—	-28	—	-24	-36
СНиП II-A.6-72	—	-28	—	-25	-36
СНиП 2.01.01-82	-32	-29	-29	-26	-36
СНиП 23-01-99	-33	-30	-30	-26	-36
СП 131.13330.2012	-32	-27	-28	-24	-36
СП 131.13330.2018	-32	-27	-28	-24	-36
СП 131.13330.2020 <sup>2</sup>	-31	-28	-27	-24	-36

<sup>1</sup> В стандартах, изданных до 1982 г., температуры воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.98 не приведены.

<sup>2</sup> В настоящее время действующим стандартом по строительной климатологии является свод правил СП 131.13330.2020 [27].



**Рис. 2.** Изменение средней температуры воздуха  $t_{cp}$  в холодный (а) и теплый (б) периоды года с дифференциацией данных по 50-летним периодам

ных лет, по которым видно, что современные расчетные параметры климата наиболее близки к данным устаревших стандартов 1962 г., что заставляет в них сомневаться и требует отдельного, более подробного, рассмотрения.

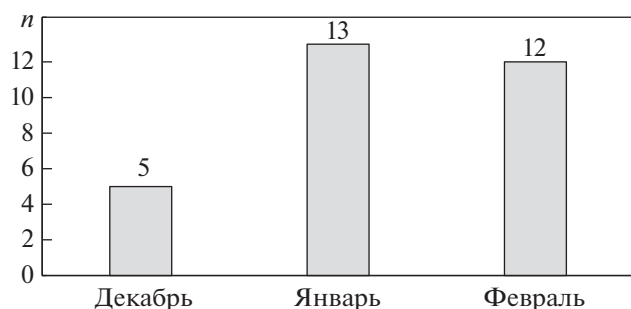
В [27] отмечено, что основой для разработки климатических параметров послужили материалы наблюдений на метеорологических станциях за период 1966–2018 гг., за исключением климатических параметров для проектирования систем холодоснабжения и кондиционирования воздуха. Однако, как было показано ранее, климат в последние 50 лет претерпевает значительные изменения и неучет этого фактора может приводить к завышению договорных (проектных) нагрузок на отопление. Исследования [28–32] подтверждают данный тезис и свидетельствуют о том, что фактические тепловые нагрузки потребителей тепловой энергии, приведенные к расчетным условиям, составляют около 0.7 договорных нагрузок.

Это сказывается не только на эксплуатационных затратах энерго- и ресурсоснабжающих организаций, но и на стоимости тепловой энергии, от которой зависит плата населения за коммунальные услуги по отоплению и горячему водоснабжению.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В табл. 2 приведены фактические температуры наиболее холодных суток и наиболее холодных пятидневок за последние 30 отопительных периодов с 1992 по 2022 г., а также даты наступления рассматриваемых событий.

В некоторых случаях температуры наиболее холодных суток не совпадают с периодами наступления наиболее холодных пятидневок, что свидетельствует о наличии нескольких пиков похолодания в течение одного отопительного периода.



**Рис. 3.** Распределение случаев наступления наиболее холодных пятидневок  $n$  по месяцам

Распределение случаев наступления наиболее холодных пятидневок по месяцам показано на рис. 3, по декадам зимних месяцев – на рис. 4.

Из данных, представленных на рис. 3, следует, что за последние 30 отопительных периодов в Санкт-Петербурге наиболее холодные пятидневки

чаще наблюдались в январе и феврале (в 25 случаях из 30) – в самые холодные месяцы года. Гораздо реже (в 5 случаях из 30) периоды наступления наиболее холодных пятидневок приходились на декабрь.

Согласно рис. 4, в Санкт-Петербурге наблюдаются два выраженных пика похолодания:

первый, как правило, в конце декабря – начале января;

второй, более частый, в конце января – начале февраля.

Далее определены фактические климатические показатели холодного периода года в Санкт-Петербурге за рассматриваемый тридцатилетний период – температуры наиболее холодных суток и пятидневки, а также абсолютный минимум температуры наружного воздуха. Для этих целей можно воспользоваться методикой, изложенной в своде правил [27] и монографии [33].

**Таблица 2.** Анализ фактических температурных показателей атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге в холодные месяцы года за 30-летний период

№ п/п	Отопительный сезон, годы	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С	Дата	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С	Даты
1	1992/1993	-15.2	29.01.1993	-11.9	26.01–30.01.1993
2	1993/1994	-22.1	11.02.1994	-18.0	10.02–14.02.1994
3	1994/1995	-16.7	19.12.1994	-13.4	16.12–20.12.1994
4	1995/1996	-23.2	10.02.1996	-18.1	06.02–10.02.1996
5	1996/1997	-20.8	25.12.1996	-17.4	22.12–26.12.1996
6	1997/1998	-20.7	15.12.1997	-16.5	02.02–06.02.1998
7	1998/1999	-23.8	07.02.1999	-19.6	07.02–11.02.1999
8	1999/2000	-16.3	26.01.2000	-14.8	22.01–26.01.2000
9	2000/2001	-21.6	04.02.2001	-17.1	02.02–06.02.2001
10	2001/2002	-20.5	23.12.2001	-17.3	21.12–25.12.2001
11	2002/2003	-24.5	31.12.2002	-22.1	31.12.2002–04.01.2003
12	2003/2004	-17.5	21.01.2004	-13.7	21.01–25.01.2004
13	2004/2005	-12.9	02.03.2005	-11.7	26.02–02.03.2005
14	2005/2006	-26.0	19.01.2006	-23.4	18.01–22.01.2006
15	2006/2007	-18.9	08.02.2007	-16.8	06.02–10.02.2007
16	2007/2008	-13.7	06.01.2008	-11.6	03.01–07.01.2008
17	2008/2009	-12.7	05.01.2009	-9.6	04.01–08.01.2009
18	2009/2010	-22.6	20.02.2010	-19.2	23.01–27.01.2010
19	2010/2011	-22.0	18.02.2011	-21.1	16.02–20.02.2011
20	2011/2012	-19.7	05.02.2012	-18.4	02.02–06.02.2012
21	2012/2013	-18.8	19.12.2012	-16.9	19.12–23.12.2012
22	2013/2014	-17.1	23.01.2014	-14.1	27.01–31.01.2014
23	2014/2015	-12.4	22.01.2015	-7.8	04.01–08.01.2015
24	2015/2016	-22.1	07.01.2016	-20.5	05.01–09.01.2016
25	2016/2017	-18.6	06.01.2017	-15.8	04.01–08.01.2017
26	2017/2018	-16.5	27.02.2018	-14.2	26.02–02.03.2018
27	2018/2019	-7.6	21.01.2019	-14.5	21.01–25.01.2019
28	2019/2020	-5.3	05.02.2020	-3.9	04.02–08.02.2020
29	2020/2021	-18.3	18.02.2021	-14.1	09.02–13.02.2021
30	2021/2022	-18.0	06.12.2021	-13.8	06.12–10.12.2021

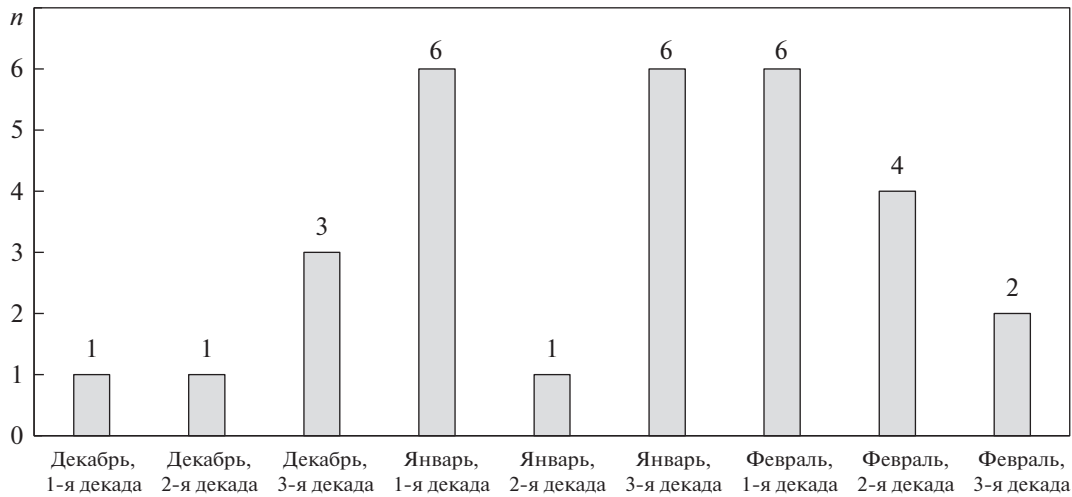


Рис. 4. Распределение случаев наступления наиболее холодных пятидневок  $n$  по декадам зимних месяцев

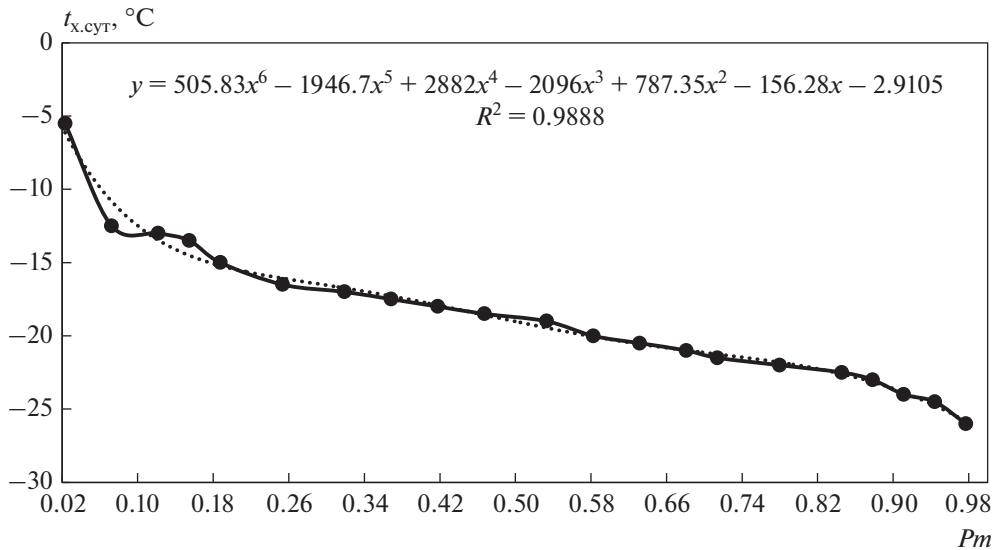


Рис. 5. Зависимость температуры наиболее холодных суток  $t_{x,сут}$  от обеспеченности  $Pm$  и уравнение аппроксимирующей кривой  $y$  (пунктирная линия)

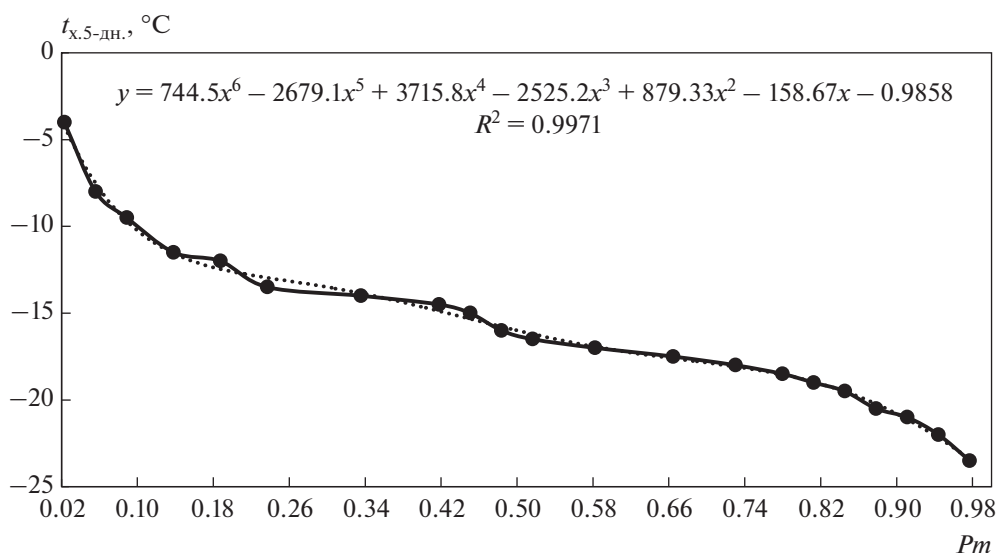
Зависимость температуры наиболее холодных суток от обеспеченности показана на рис. 5, наиболее холодных пятидневок — на рис. 6. На этих рисунках приведены также уравнения аппроксимирующих кривых для величин, принимающих максимальные значения достоверности аппроксимации  $R^2$ . По полученным уравнениям рассчитаны температуры наиболее холодных суток и наиболее холодных пятидневок:

температуры наиболее холодных суток  $t_{x,сут}$  для обеспеченности 0.92 и 0.98 составили  $-24.08$  и  $-25.94^\circ\text{C}$  соответственно;

температуры воздуха наиболее холодных пятидневок  $t_{x,5-дн.}$  для обеспеченности 0.92 и 0.98 составили  $-21.38$  и  $-23.52^\circ\text{C}$  соответственно.

Для сравнения нормативные и фактические температуры наружного воздуха для холодного периода года в Санкт-Петербурге представлены в табл. 3 с округлением данных с точностью до  $1^\circ\text{C}$ .

Из табл. 3 следует, что фактические значения температуры наружного воздуха для холодного периода в Санкт-Петербурге оказываются выше принятых в своде правил по строительной климатологии [27]. Выявленное температурное расхождение целесообразно учитывать при определении



**Рис. 6.** Зависимость температуры наиболее холодных пятидневок  $t_{х.5-дн.}$  от обеспеченности  $P_m$  и уравнение аппроксимирующей кривой  $y$  (пунктирная линия)

мощности отопительных приборов, тепловых нагрузок потребителей, пропускной способности тепловых сетей, тепловой мощности источников тепловой энергии. В противном случае этот запас будет отражаться на всех этапах проектирования систем централизованного теплоснабжения и отопления и приводить к необходимости иметь на источниках не востребованную потребителями тепловую мощность, что, в конечном итоге, повлечет за собой рост тарифов, негативно отразится на коммунальных платежах населения и размере выделяемых из бюджета города субсидий.

Для оценки годовой экономии тепловой энергии, топлива и суммарной платы потребителей за тепловую энергию в масштабах Санкт-Петербурга выполнены экономические расчеты для следующих теплоснабжающих организаций:

ГУП «Топливо-энергетический комплекс Санкт-Петербурга» (ТЭК СПб.), ПАО «Территориальная генерирующая компания № 1» (ТГК-1) и ООО «Петербургтеплоэнерго». Выбор теплоснабжающих организаций обусловлен тем, что они совместно покрывают более 80% потребляемой за год тепловой энергии. Базовые значения технико-экономических показателей приняты в соответствии с параметрами, сформированными при утверждении тарифов на 2022 г. [34]. Общая плата потребителей – сумма необходимой валовой выручки каждой теплоснабжающей организации за вычетом стоимости покупки тепловой энергии ГУП ТЭК СПб. и ООО «Петербургтеплоэнерго» у ПАО ТГК-1. Учет изменений отпуска тепловой энергии при новых параметрах наружного воздуха и перерасчет необходимой валовой выручки на 2022 г. выполнены в соответствии с методически-

**Таблица 3.** Нормативные и фактические значения температуры наружного воздуха в Санкт-Петербурге в холодный период года

Значения температуры	Температура воздуха, °C				Абсолютная минимальная температура воздуха, °C
	наиболее холодных суток обеспеченностью		наиболее холодной пятидневки обеспеченностью		
	0.98	0.92	0.98	0.92	
Нормативные <sup>1</sup>	-31	-28	-27	-24	-36
Фактические <sup>2</sup>	-26	-24	-24	-21	-28

<sup>1</sup> Нормативные показатели приняты на основании действующего свода правил по строительной климатологии СП 131.13330.2020 [27].

<sup>2</sup> Фактические показатели получены на основании результатов обработки фактических климатических данных за период с 1992 по 2022 г.

**Таблица 4.** Перерасчет необходимой валовой выручки на 2022 г. основных теплоснабжающих организаций Санкт-Петербурга

№ п/п	Показатель	Схема теплоснабжения (2022 г.)	Учет перехода на оптимальные температурные графики (2022 г.)	Результат перехода на оптимальные температурные графики
1.	<b>ГУП ТЭК СПб</b>			
1.1.	Отпуск с коллекторов, млн ГДж (тыс. Гкал)	53.5 (12798.5)	50.2 (11999.8)	3.3 (798.7)
1.2.	Расход топлива, млн м <sup>3</sup>	1820.5	1706.9	113.6
1.3.	Необходимая валовая выручка, млн руб.	49086.9	47773.9	1313.0
1.4.	Учет покупки тепловой энергии у ПАО ТГК-1, млн руб.	-5659.1	-5385.4	-273.7
2.	<b>ПАО ТГК-1</b>			
2.1.	Отпуск с коллекторов, млн ГДж (тыс. Гкал)	78.0 (18636.5)	73.1 (17473.5)	4.9 (1162.9)
2.2.	Расход топлива, млн м <sup>3</sup>	2693.3	2525.2	168.1
2.3.	Необходимая валовая выручка, млн руб.	34164.9	32949.4	1215.5
3.	<b>ООО «Петербургтеплоэнерго»</b>			
3.1.	Отпуск с коллекторов, млн ГДж (тыс. Гкал)	12.3 (2933.2)	11.5 (2750.2)	0.8 (183.0)
3.2.	Расходы на топливо, млн м <sup>3</sup>	395.6	370.9	24.7
3.3.	Необходимая валовая выручка, млн руб.	5862.2	5663.7	198.5
3.4.	Учет покупки тепловой энергии у ПАО ТГК-1, млн руб.	-310.8	-299.8	-11.1
4.	<b>Итого</b>			
4.1.	Отпуск с коллекторов, млн ГДж (тыс. Гкал)	143.8 (34368.1)	134.8 (32223.6)	9.0 (2144.6)
4.2.	Расход топлива, млн м <sup>3</sup>	4909.4	4603.1	306.3
4.3.	Плата потребителей за тепловую энергию, млн руб.	83144.0	80701.8	2442.3

ми указаниями [35]. Результаты представлены в табл. 4.

При переходе на фактические параметры наружного воздуха снижение отпуска тепловой энергии составит 8.98 млн ГДж (2144.6 тыс. Гкал), потребления природного газа – 306.3 млн м<sup>3</sup>, совокупной платы потребителей – 2442.3 млн руб.

Если учесть фактический коэффициент отношения расчетной тепловой нагрузки потребителей тепловой энергии к договорной, равный 0.7, то экономический эффект окажется еще выше.

Далее произведена оценка снижения капитальных затрат на строительство источников тепловой энергии, предназначенных для обеспечения перспективных нагрузок (подключения перспективных потребителей). В настоящее время в схеме теплоснабжения определены новые источники тепловой энергии и их параметры, а также планируемые капитальные затраты [34]. Мощность источников тепловой энергии сформирована исходя из объемов перспективных тепловых нагрузок, из которых нагрузка на отопление при-

**Таблица 5.** Снижение капитальных затрат на строительство новых источников тепловой энергии при переходе на фактические расчетные температуры наружного воздуха

Показатель	Существующая схема теплоснабжения	После перерасчета перспективной нагрузки
Суммарная установленная мощность, МВт (Гкал/ч)	2635.4 (2266.06)	2475.5 (2128.55)
Капитальные затраты, млн руб. (без НДС)	20976.04	19907.90
Снижение требуемой мощности, МВт (Гкал/ч)	–	159.9 (137.51)
Снижение требуемых капитальных затрат, млн руб. (без НДС)	–	1068.14

нимается при расчетной температуре наружного воздуха  $-24^{\circ}\text{C}$ . Для оценки искомой экономии выполнен перерасчет перспективных нагрузок на расчетную температуру наружного воздуха  $-21^{\circ}\text{C}$  и уточнены требуемые мощности источников тепловой энергии. Результаты перерасчета объема капитальных затрат представлены в табл. 5.

Выполненные расчеты показали, что требуемая перспективная мощность источников тепловой энергии снизится на 159.9 МВт (137.5 Гкал/ч), необходимые капитальные затраты – на 1068.14 млн руб. (без учета НДС в ценах 2021 г.).

### ВЫВОДЫ

1. Анализ тепловых нагрузок потребителей, присоединенных к тепловым сетям источников тепловой энергии, расположенных на территории Санкт-Петербурга, показывает, что фактические тепловые нагрузки потребителей, приведенные к расчетным условиям, оказываются значительно меньше договорных нагрузок.

2. В результате статистической обработки массива суточных данных по температурам наружного воздуха в Санкт-Петербурге за период с 1992 по 2021 г. установлено, что фактические климатические показатели холодного периода года в Санкт-Петербурге на  $3-4^{\circ}\text{C}$  выше нормативных. Это является одной из причин несоответствия расчетных (фактических) и договорных (проектных) нагрузок потребителей тепловой энергии. Выявленное несоответствие обуславливает необходимость содержания излишней мощности источниками тепловой энергии, что приводит к росту тарифов на тепловую энергию.

3. Учитывая фактические показатели климата за последние 30 лет, можно обоснованно снизить договорные нагрузки потребителей, присоединенных к централизованной системе теплоснабжения крупных населенных пунктов. На территории Санкт-Петербурга при этом можно уменьшить потребление природного газа на 306.3 млн  $\text{m}^3$  и плату потребителей на 2442.3 млн руб. ежегодно.

4. При формировании перспективных нагрузок теплоснабжающих организаций на отопле-

ние, исходя из расчетной температуры  $-21^{\circ}\text{C}$ , можно уменьшить потребность в тепловых мощностях на 159.9 МВт (137.5 Гкал/ч), что позволит снизить требуемые капитальные затраты на строительство новых источников тепловой энергии на 1068.14 млн руб. (без учета НДС в ценах 2021 г.).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грабб М., Вролик К., Брэк Д.** Киотский протокол. Анализ и интерпретация. М.: Наука, 2001.
2. **Будько М.И.** Изменения климата. Л.: Гидрометеопиздат, 2004.
3. **Антропогенные изменения климата / И.И. Борзенкова, М.И. Будько, Э.К. Бютнер;** под ред. М.И. Будько, Ю.А. Израэля. Л.: Гидрометеопиздат, 1987.
4. **Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P.** Climate change and the thermal island effect in the million-plus city // *Constr. Univ. Build. Struct.* 2020. V. 4 (89). P. 8902. <https://doi.org/10.18720/CUBS.89.2>
5. **Горшков А.С., Ватин Н.И., Рымкевич П.П.** Влияние антропогенных факторов на тепловое загрязнение городской среды // *Энергосбережение.* 2020. № 7. С. 46–51.
6. **Изменение параметров отопительного периода на европейской территории России в результате глобального потепления / В.В. Клименко, А.В. Клименко, А.Г. Терешин, О.В. Микушина // Изв. РАН. Сер. Энергетика.** 2002. № 2. С. 10–27.
7. **Клименко В.В., Клименко А.В., Терешин А.Г.** Энергетика и климат на рубеже веков: прогнозы и реальность // *Теплоэнергетика.* 2001. № 10. С. 61–66.
8. **Климатические экстремумы – новый вызов для российских энергосистем / В.В. Клименко, А.В. Клименко, А.Г. Терешин, Е.В. Федотова // Теплоэнергетика.** 2021. № 3. С. 3–17. <https://doi.org/10.1134/S004036362103005X>
9. **Хлебникова Е.И., Дацюк Т.А., Салль И.А.** Воздействие изменений климата на строительство, наземный транспорт, топливно-энергетический комплекс // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова.* 2014. № 574. С. 125–178.
10. **Порфирьев Б.Н., Хлебникова Е.И.** Строительство в условиях изменений климата в Арктике: риски и возможности их снижения // *Экономика строительства.* 2015. № 6 (36). С. 4–15.



11. **Якубович А.Н., Якубович И.А.** Влияние прогнозируемых климатических изменений на дорожную сеть в криолитозоне России // Наука и техника в дорожной отрасли. 2019. № 1 (87). С. 25–28.
12. **Горшков А.С., Кнатько М.В., Рымкевич П.П.** Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с облицовочным слоем из силикатного кирпича // Инж.-строит. журн. 2009. № 8 (10). С. 20–26.  
<https://doi.org/10.18720/МСЕ.10.3>
13. **Куприянов В.Н., Иванцов А.И.** К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций // Изв. Казан. гос. архитектурно-строит. ун-та. 2011. № 3(17). С. 63–76.
14. **Горшков А.С.** Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натуральных испытаний // Строит. материалы. 2009. № 8. С. 12–17.
15. **Перехоженцев А.Г., Груздо И.Ю.** Влияние климатических воздействий на температурно-влажностное состояние поверхностных слоев многослойных наружных ограждающих конструкций зданий // Междунар. науч.-исслед. журн. 2016. № 4 (46). Ч. 2. С. 143–149.  
<https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.46.017>
16. **Прогнозирование** эксплуатационного срока службы стеновой конструкции из газобетона с облицовочным слоем из силикатного кирпича / А.С. Горшков, П.П. Рымкевич, И.И. Пестряков, М.В. Кнатько // Строит. материалы. 2010. № 9. С. 49–53.
17. **Горшков А.С., Попов Д.Ю., Глузов А.В.** Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инж.-строит. журн. 2010. № 8 (18). С. 5–8.  
<https://doi.org/10.18720/МСЕ.18.4>
18. **Червова Н.А., Кукушкина Г.А.** Внешние ограждающие конструкции высотных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 9 (24). С. 137–145.
19. **Орлович Р.Б., Горшков А.С., Зимин С.С.** Применение камней с высокой пустотностью в облицовочном слое многослойных стен // Инж.-строит. журн. 2013. № 8 (43). С. 14–23.  
<https://doi.org/10.5862/МСЕ.43.3>
20. **Причины** повреждений каменной кладки после реставрации / Р.Б. Орлович, А.С. Горшков, В.Н. Деркач, С.С. Зимин, М.В. Гравит // Строительство и реконструкция. 2022. № 1 (99). С. 48–58.  
<https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-99-1-48-58>
21. **Серикхалиев С.Б., Зимин С.С., Орлович Р.Б.** Дефекты защитно-декоративной кирпичной облицовки фасадов каркасных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 5 (20). С. 28–38.
22. **Деркач В.Н., Демчук И.Е., Орлович Р.Б.** Механизм повреждаемости несущей облицовки многослойных каменных стен // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 3 (54). С. 63–70.  
<https://doi.org/10.18720/CUBS.54.5>
23. **Горшков А.С., Орлович Р.Б.** Балконные конструкции в современном городе // Социология города. 2021. № 1. С. 51–62.
24. **Горшков А.С.** Модель физического износа строительных конструкций // Строит. материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 12 (191). С. 34–37.
25. **Nonstationary thermal conduction through the building envelope / N. Vatin, A. Gorshkov, P. Rymkevich, D. Nemova, D. Tarasova // Appl. Mech. Mater.** 2014. V. 670–671. P. 365–369.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.670-671.365>
26. **Горшков Р.А., Войлоков И.А., Сайфутдинов Ф.Ф.** Модель набора прочности бетона // Вестник Санкт-Петербург. гос. ун-та технологии и дизайна. Сер. 4: Промышленные технологии. 2021. № 3. С. 5–10.  
[https://doi.org/10.46418/2619-0729\\_2021\\_3\\_1](https://doi.org/10.46418/2619-0729_2021_3_1)
27. **СП 131.13330.2020.** Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* “Строительная климатология”. М.: Минстрой России, 2020.
28. **Юферев Ю.В., Артамонова И.В., Горшков А.С.** Об анализе тепловых нагрузок потребителей при разработке и актуализации схем теплоснабжения // Новости теплоснабжения. 2017. № 8 (204). С. 32–42.
29. **Горшков А.С., Кабанов М.С., Юферев Ю.В.** Анализ тепловых нагрузок и удельного потребления тепловой энергии в многоквартирных домах // Теплоэнергетика. 2021. № 8. С. 72–80.  
<https://doi.org/10.1134/S0040363621050052>
30. **Аверьянов В.К., Юферев Ю.В., Мележик А.А.** Теплоснабжение городов в контексте развития активных потребителей интеллектуальных энергетических систем // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 1. С. 78–87.  
<https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-1-78-87>
31. **Аверьянов В.К., Горшков А.С., Васильев Г.П.** Повышение эффективности централизованного теплоснабжения существующего жилого фонда // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 6 (71). С. 99–111.  
<https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-6-99-111>
32. **Аверьянов В.К., Лисицкий Э.Н., Юферев Ю.В.** О направлениях повышения эффективности централизованного теплоснабжения крупных городов // Новости теплоснабжения. 2015. № 9 (181). С. 29–34.
33. **Малявина Е.Г.** Теплопотери здания: справ. пособие. М.: АВОК-ПРЕСС, 2007.
34. **Приказ** Министерства энергетики Российской Федерации от 04.08.2022 № 762 “Об утверждении схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 г. (актуализация на 2023 г.)”.
35. **Приказ** Федеральной службы по тарифам от 13.06.2013 № 760-э “Об утверждении методических указаний по расчету регулируемых цен (тарифов) в сфере теплоснабжения”.

## Climate Change and Its Influence on the Energy Engineering Complex (Taking St. Petersburg as an Example)

D. A. Mil'kov<sup>a</sup>, Yu. V. Yuferev<sup>a</sup>, A. I. Tyutyunnikov<sup>a</sup>, and A. S. Gorshkov<sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> AO Gazprom Promgaz, St. Petersburg, 191124 Russia

\*e-mail: A.Gorshkov@spb.promgaz.gazprom.ru

**Abstract**—Observations of the Earth climate for the last 100–150 years have revealed that the atmospheric air temperature in the ground level shows quite a rapid growth. Megalopolises and other settlements behave as large sources producing thermal pollution of the Earth air basin. Transport facilities, heated buildings, and heat and electric networks release a significant amount of energy, which accumulates in the air medium of cities and then dissipates into the surrounding space. The most rapid change in the air temperature has been noted for the last 50 years. The greatest increase of the outdoor air temperature, e.g., in St. Petersburg, is observed in the cold period of the year. It has been determined that the average air temperature in the cold period of the year (from October to April) has increased by 1.51°C, whereas the average air temperature increased by 0.72°C for the same interval of time but in the warm period of the year (from May to October), i.e., half as much as in the cold period. It has been found from studies of regulatory and reference documents that the standard climatic data specified in them lag significantly from the currently occurring climate changes. The article presents an analysis of the outdoor air temperatures in St. Petersburg for the period from 1992 to 2021 and an assessment of air temperatures in the coldest day and the coldest 5-day spell with reliabilities of 0.92 and 0.98 and also the absolute minimal air temperature for the considered 30-year interval of time. It is pointed out that the actual climatic indicators derived from statistical processing of daily data arrays are by 3–4°C higher than those specified in the relevant standards. As a result, when buildings are designed for the standard conditions specified by the existing regulations, the contractual loads turn out to be overestimated essentially in comparison with the actual ones, which is revealed in designing the configurations of settlement heat-supply systems. The consideration of actual climatic indicators opens up the possibility to decrease the contractual heat loads of consumers on a sound basis and, as a consequence, to achieve thermal energy saving without degrading the heat-supply quality.

**Keywords:** climate, standard climate indicators, outdoor air temperature, energy consumption, heat supply, heat loads