



УДК: 697.133, 692.22
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_50
EDN: CTNNZV



Климатические данные для расчета нестационарных теплотерь через ограждающие конструкции в грунте

Д.В. Крайнов¹, И.А. Масленников¹,

¹Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Климатическая модель - важный фактор при оценке теплотерь через ограждающие конструкции. В зависимости от целей расчета, требуемой частоты данных, временного периода существующей нормативной литературы может быть недостаточно. Кроме того, целый ряд задач предполагает использование реальных климатических данных за выбранный промежуток времени, что также не позволяет применять нормативные источники, где приведены средние значения за многолетний период. В статье описан подход к выбору климатических данных, проведен анализ актуальных источников с архивными данными о погоде.

Цель данной работы заключается в подготовке данных о температуре воздуха для расчета нестационарной теплопередачи через ограждающие конструкции в грунте. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: поиск достоверных источников архивных климатических данных, обработка и анализ полученных климатических данных на примере среднесуточных температур наружного воздуха.

Актуальность. Полученные результаты могут быть применены для проведения численных экспериментов, а также применения в инженерной методике определения теплотерь ограждающих конструкций.

Результаты. В статье представлены результаты обработки данных из архивов погоды за 10 лет для г. Казань.

Выводы. Значимость полученных результатов состоит в том, что использование данных в ходе численных исследований позволит повысить точность и достоверность результатов.

Ключевые слова: температура, климатические данные, теплотери, ограждающая конструкция.

Для цитирования: Крайнов Д.В., Масленников И.А. Климатические данные для расчета нестационарных теплотерь через ограждающие конструкции в грунте // Известия КГАСУ. 2023 № 2 (64), с 50-59, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_50, EDN: CTNNZV

Climatic data for calculating non-stationary heat losses through building envelopes in the ground

D.V. Kraynov¹, I.A. Maslennikov¹

¹Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

Abstract: *Statement of the problem.* The climate model is an important factor in assessing heat loss through building envelopes. Depending on the purpose of the calculation, as well as the period of observation, the choice of climate data may be different. In this regard, the existing normative literature may not be enough. The article describes an approach to the selection of climate data. The analysis of current sources with archival weather data was carried out.

The purpose of this work is to prepare climatic data for calculating heat transfer through building envelopes in non-stationary mode. To achieve this goal, the following tasks were

solved: search for reliable sources of archival climate data, processing and analysis of the obtained climatic data on the example of average daily outdoor temperatures.

Relevance. The results obtained can be used for numerical experiments, as well as application in engineering methods for determining the heat loss of enclosing structures.

Results. The article presents the results of processing data from weather archives for 10 years for Kazan.

Conclusions. The significance of the obtained results is that their use in the course of numerical studies will improve the accuracy and reliability of the results.

Keywords: temperature, climate data, heat loss, building envelope.

For citation: Kraynov D.V., Maslennikov I.A. Climatic data for calculating non-stationary heat losses through building envelopes in the ground // News of KSUAE 2023 №2 (64), p.50-59, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_50, EDN: CTNNZV

1. Введение

Задача поиска оптимальных климатических данных рассматривалась в трудах многих исследователей. Сформированы подходы, среди которых можно выделить вероятностно-статистический [1, 2], модель типового года [3]. Преимущество первого подхода, заключается в отсутствии необходимости поиска и отбора большого количества статических данных. Это важно, так как, доступность и достоверность климатических данных для городов России одна из сложностей, с которой приходится сталкиваться при создании климатической модели. Для ее решения был проведен анализ отечественных и зарубежных источников, сравнения данных из различных ресурсов.

Для формирования требований к климатическим данным необходимо было разобраться в специфике задачи, к которой они будут применяться. При рассмотрении нестационарного режима строительных конструкций с низкой тепловой инерцией, важным является изменение температуры в течении суток. С ростом тепловой инерции влияние предыдущих периодов на теплопотери становится значимым. Так, при рассмотрении заглубленной в грунт стены максимум теплопотерь может приходиться на теплое время года.

В задаче, к которой требуется найти климатические данные, исследуется нестационарный режим теплопередачи заглубленной в грунт конструкции. Так как для формирования достоверного поля температур при нестационарном режиме требуется продолжительное время [4], обусловленное инерцией грунта, необходимо найти климатические данные за продолжительный период. Это объясняется особенностями подобных задач. При выполнении расчета, для получения установившегося режима теплопередачи необходимо задаваться определенными начальными условиями. Граничные условия задаются в виде изменения температуры в течении года. «Холодная волна» может доходить до внутренней поверхности стены в грунте с опозданием в несколько месяцев. При выполнении моделирования тестовых задач было определено, что влияние начальных условий нивелируется на 7-10 год расчета зависимости от глубины расположения стены в грунте. В связи с этим искомый массив климатических данных был ограничен периодом в 10 лет. При заданных условиях допустимо, чтобы данные на начальном периоде имели невысокую частоту измерений, так как их влияние на итоговый результат ограничено. В то же время, более детализированные данные для последних 3-х лет повысят точность при умеренно возросших требованиях к вычислительным ресурсам. Для задания граничных условий расчетной модели используется температура наружного воздуха. Также на температурный режим грунта оказывает влияние солнечная радиация и теплотехнические характеристики самого грунта (плотность, теплопроводность, теплоемкость, влажность). Учет солнечной радиации осложняется тем, что влияние этой поправки в значительной степени зависит от ориентации по сторонам (солнечной или теневой) [5, 6].

Широкий круг исследователей отмечают тенденцию к изменению климата [7, 8, 9], что ставит под сомнения использование средних многолетних значений для расчетов

тепловой защиты зданий. Применение их для расчетов с последующим натурным подтверждением невозможно, вследствие погодных аномалий [10, 11], которые периодически случаются и влияют на итоговые результаты. Отметим, что ведутся работы над составлением прогноза климатических изменений [12], исследуется вопрос правильного выбора и обработки накопленных данных. Это особенно важно, в случае, когда данные неполные или их недостаточно.

Решение этой проблемы имеет несколько подходов. При обработке данных можно использовать методы статистики [13], заменяя отсутствующие данные интерполяцией, при наличии нескольких источников данных, например близко расположенных метеостанций, заменить показания. Некоторые авторы [14, 15] предлагают при обнаружении нестационарности по одному из специализированных климатических показателей привлекать для рассмотрения другой (близкий к рассматриваемому) климатический показатель, характеризующий стационарный процесс.

Особо стоит отметить использования типового климатического года, для теплофизических расчетов. Подходы к его получению развиваются [16, 17], методика получила широкое применение за рубежом и нормативно подкреплена [18], а автоматизация нахождения типового года [19] позволит применять его в инженерной методике. Кроме того, развиваются методы, использующие нестационарные исследования для определения теплотехнических свойств здания [20], что подтверждает востребованность климатических данных для такого рода расчетов.

Цель данной работы заключается в подготовке данных о температуре воздуха для расчета нестационарной теплопередачи через ограждающие конструкции в грунте. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- поиск достоверных источников архивных климатических данных за последние с частотами 1 день, 3 часа;
- обработка и анализ полученных климатических данных на примере среднесуточных температур наружного воздуха.

2. Материалы и методы

Основные климатические параметры, используемые в строительной отрасли, представлены в СП 131.13330.2020 и ряде других нормативных документов. В СП Строительная климатология представлены данные для более чем 400 городов России с показателями подготовленными к применению в существующей инженерной методике. Согласно принятой методике, средние многолетние значения вычисляются как среднее взвешенное значение за многолетний период - порядка 40 лет. К сожалению, эти данные не применимы, когда требуется подготовить климатическую модель для расчета нестационарного режима. Для рассматриваемой авторами задачи, необходимы ежедневные данные за последние 10 лет, и показания с более мелким разрешением за последние два года наблюдений. Таких данных в готовом виде не существует, поэтому для их подготовки потребовалось получить архивные данные о погоде с ближайших к исследуемому объекту метеостанций.

Изучение климата важно для многих отраслей и сфер деятельности человека. В России первая метеостанция появилась в 1725 г. в Санкт-Петербурге, а после принятия «Декрета об организации метеорологической службы в РСФСР» в 1921 г. началось планомерное развитие сети метеорологических станций. В настоящее время существует 156 станций, которые осуществляют непрерывный мониторинг с начала 20 века. Наряду со станциями Государственной Гидрометеорологической службы, существуют и отраслевые метеостанции, наиболее развитая сеть - метеостанции при аэропортах. Каждая метеостанция имеет синоптический индекс - ее уникальное обозначение, согласно международному соглашению.

На территории Татарстана функционирует 12 метеорологических станций, 1 авиаметеорологическая станция, доплеровский метеорологический локализатор, 10 автоматических метеостанций, 2 агрометеорологических поста [21].

Таблица 1

Виды метеорологических наблюдений и количество станций, производящих измерения на территории России

№ п/п	Название массива	Количество станций, шт
Ежедневные данные		
1	Температура воздуха и количество осадков	600
2	Температура почвы на глубинах до 320 см	458
3	Данные о температуре почвы (по термометру Савинова)	315
4	Характеристики снежного покрова	620
5	Маршрутные снегосъемки	517
Срочные данные		
6	Основные метеопараметры	518
7	Атмосферные явления	518
8	Срочные данные радиозондовых наблюдений	12

Доступ к данным с 1991 г. предоставлялся на платной основе, однако, начиная с 2006 г. в России начали появляться открытые источники с архивами погоды.

В России научно-техническим центром, работающим в области создания и внедрения информационных технологий сбора, контроля, обработки и хранения гидрометеорологической информации, является Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Целью деятельности ВНИИГМИ-МЦД является обеспечение потребностей населения, органов государственной власти, Вооруженных Сил Российской Федерации, секторов экономики в гидрометеорологической информации.

Доступ к данным ВНИИГМИ-МЦД осуществляется посредством электронного портала Автоматизированной Информационной Системы Обработки Режимной Информации (АИСОРИ), где данные представлены в нормализованном виде для 600 метеостанций. Отметим, что не все метеостанции осуществляют полный перечень наблюдений. Список измерений и количество станций для суточных и срочных данных приведены в (табл. 1). Информация хранится в различных форматах в таблицах метеорологических станционных (ТМС) в месячных (ТМСМ) и суточных (ТМСС) форматах.

Подходы к хранению данных на протяжении лет претерпевали изменения (табл. 2). В предыдущие периоды архивы с данными различной срочности составлялись для обработки счетно-перфорационными машинами, что приводило к ошибкам и дублированиям при копировании. В настоящее время архивы ВНИИГМИ-МЦД представлены в бинарном виде, имеют древовидную структуру, описанную средствами языка описания гидрометеорологических данных (ЯОД).

Таблица 2

Архивы метеорологических наблюдений

Данные	1881 (1936) – 1965	1966 – 1975	1976 – 1983	1984 – 1990	1991 – н.в.
Срочные (только с 1936)	ТМ1-СРОКИ	ВОСХОД	ТММ1	ТММ1	ТМС
Суточные	ТМ1-СУТКИ	СУТКИ-76	–	ТМСС	ТМСС
Месячные	–	–	–	ТМСМ	ТМСМ

Для составления массива климатических данных были использованы показания с метеостанций г. Казань, доступные в открытых источниках [22-23]. Так удалось найти ежесуточные данные о максимальной, минимальной и средней температуре, атмосферном давлении, скорости ветра и количестве осадков с 1992 г. [24]. В сервисе АИСОРИ для метеостанции г. Казань с индексом 27595 доступны данные с 1881 г., доступна средняя температура и количество осадков. Почасовые данные для городов по всему миру можно найти с помощью сервиса [22]. В России такую статистику предоставляет гидрометцентр России.

Массивы климатических данных могут иметь ряд неточностей, обусловленных погрешностью оборудования, его неисправностью, сменой прибора или методики измерения. Для нивелирования этих факторов при создании климатической модели используются методы статистической обработки. Для обработки большого массива данных, требуется автоматизированный подход по контролю ошибок. Данные из архивов ВНИИГМИ-МЦД нормализованы, поэтому при составлении архива проблемы отсутствия данных и ошибки были устранены.

Отметим, что зарубежные ресурсы предоставляют большую функциональность для работы с климатическими данными: возможность скачивания в форматах .json и .csv, наличие web api, возможность скачать готовый типовой климатический год для выбранного города. Эта функциональность будет востребована и на отечественных ресурсах. Также из анализа зарубежных источников и сервисов, можно сделать вывод: применение для расчетов типового климатического года за рубежом нашло большое распространение.. Считаем, что в российской инженерной и научной практике обосновано применение доступных климатических данных для теплотехнических расчетов и моделирования энергопотребления зданий.

Первым этапом в обработке данных чаще всего выступает их визуализация. Так становится легче понять закономерности, выявить нетипичные выбросы и отклонения. Существует множество способов обработки данных для визуального отображения. Сортировка данных по возрастанию или убыванию выбранной величины - для выявления экстремальных значений и амплитуды. Группировка данных по интервалам - таким образом можно определить распределение вероятности. Построение кумулятивной кривой распределения вероятности, называемой также огивой.

3. Результаты

Для последних 10 лет наблюдения найдена относительная частота распределения температуры, т.е. ее фактическая вероятность на протяжении этого отрезка времени. После сортировки были найдены максимальные и минимальные зафиксированные температуры. Размах вариации составил 58 градусов. Согласно формуле Стерджесса, определено оптимальное количество интервалов - 12, таким образом, длина каждого интервала (h) составила 5 градусов. Найдено количество случаев (n_i), когда среднедневная температура воздуха попала в тот или иной диапазон. После чего относительная вероятность, w_i , находилась как отношение количества случаев к мощности совокупности - общему количеству дней. По вычислениям составлена (табл. 3) и построена гистограмма (рис.1) и распределение вероятности среднесуточной

температуры (рис. 2), где x_i - середина интервала, w_i/h плотность вероятности на интервале, w_n - относительные накопленные частоты.

Таблица 3

Результаты обработки интервального вариационного ряда данных среднесуточных температур

Интервалы, °С		x_i	n_i	w_i	w_i/h	w_n
-29,883	-24,883	-27,383	20	0,005	0,001	0,005
-24,883	-19,883	-22,383	52	0,013	0,003	0,018
-19,883	-14,883	-17,383	140	0,035	0,007	0,053
-14,883	-9,883	-12,383	259	0,065	0,013	0,118
-9,883	-4,883	-7,383	408	0,102	0,020	0,220
-4,883	0,117	-2,383	604	0,151	0,030	0,372
0,117	5,117	2,617	508	0,127	0,025	0,499
5,117	10,117	7,617	412	0,103	0,021	0,602
10,117	15,117	12,617	490	0,123	0,025	0,725
15,117	20,117	17,617	592	0,148	0,030	0,873
20,117	25,117	22,617	419	0,105	0,021	0,978
25,117	30,117	27,617	87	0,022	0,004	1,000

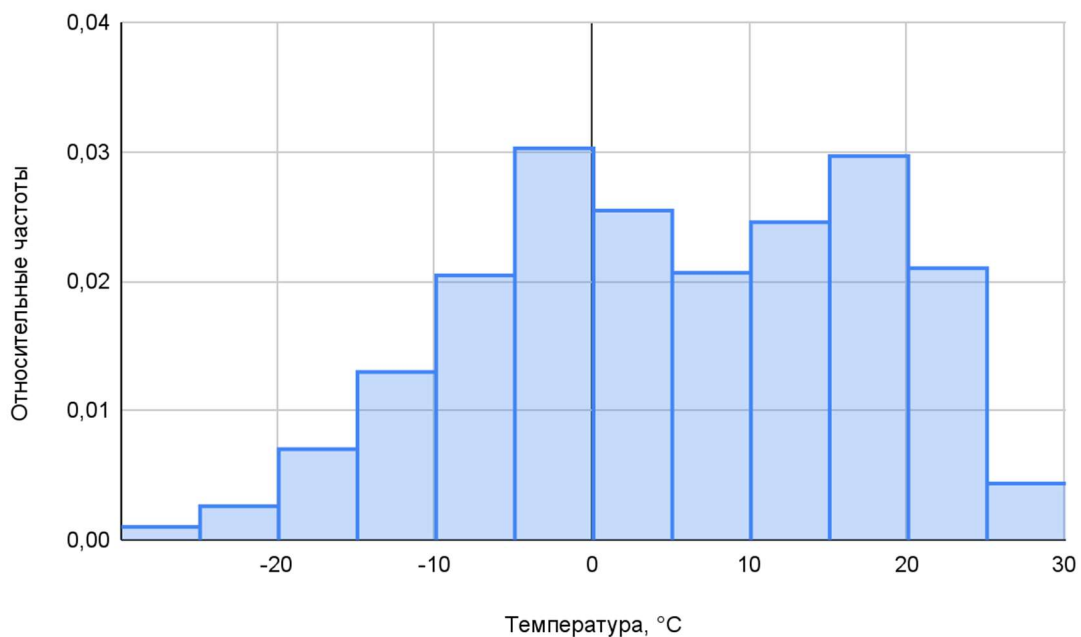


Рис. 1. Относительные частоты распределения температуры (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Relative frequencies of temperature distribution (illustration by the authors)

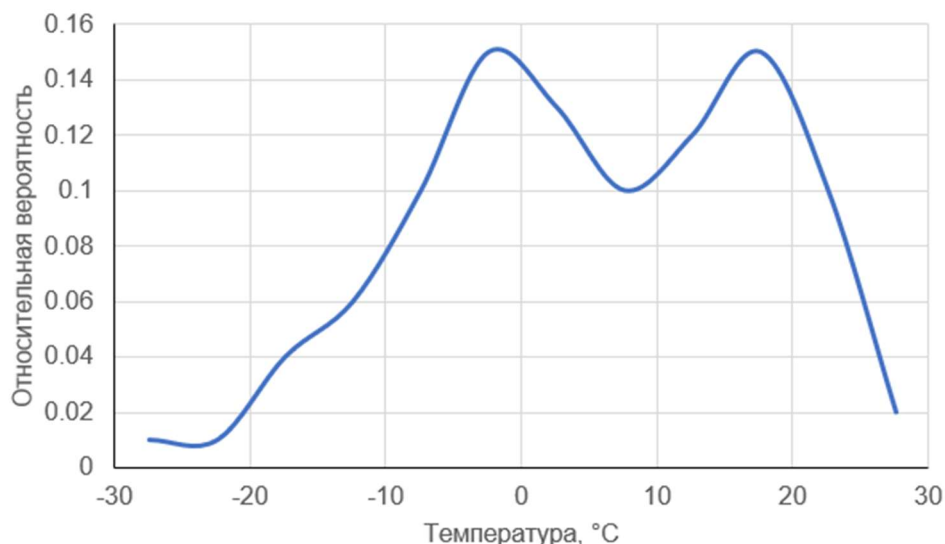


Рис. 2. Функция распределения температуры (иллюстрация авторов)
Fig. 2. Temperature distribution function (illustration by the authors)

На основе полученных данных были рассчитаны среднемесячные температуры наружного воздуха и выполнено сравнение с нормативными данными СП 131.13330.2020 (рис. 3). Значения находились как среднеарифметическое за календарный месяц.

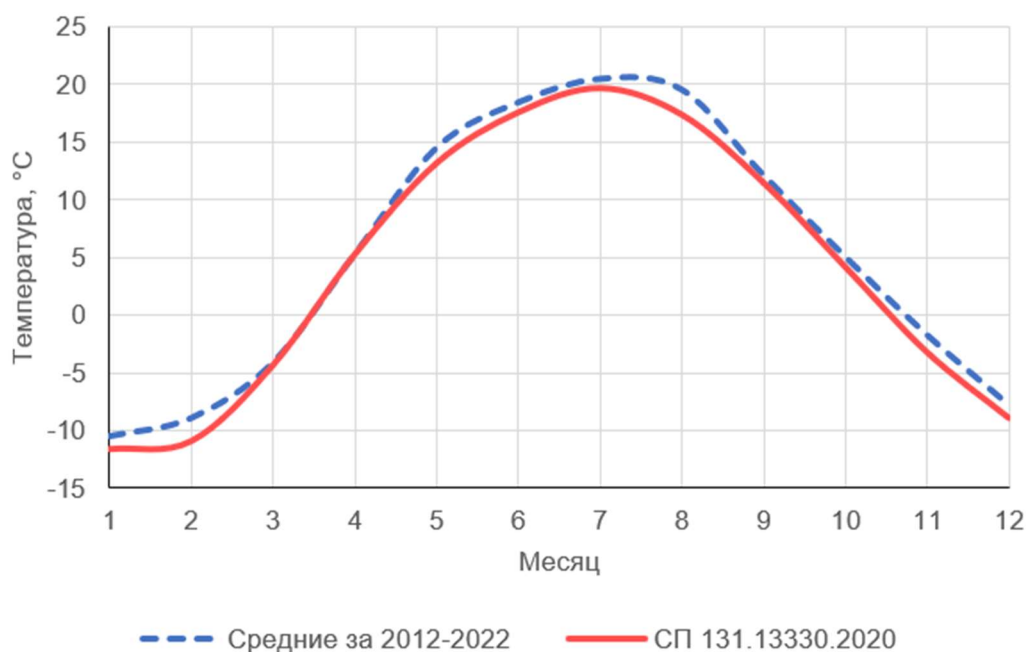


Рис. 3. Среднемесячные температуры наружного воздуха для г. Казань за период 2012-2022 г.г. (иллюстрация авторов)
Fig. 3. Average monthly outdoor temperatures for Kazan for the period 2012-2022 (illustration by the authors)

По итогам анализа климатических данных г. Казани для периода наблюдений 2012-2022 г.г. средняя температура за год составила 5,33 °C. Так как распределение близко к нормальному, другие показатели, характеризующие центральную тенденцию, близки к среднему арифметическому - медиана 5,2 °C. Найдены среднемесячные температуры за рассмотренный период, проведено их сравнение с многолетними значениями из нормативной литературы, которая показало максимальное отклонение в 2 °C.

Полученные данные, в совокупности с почасовыми данными, применимы для проведения расчетов нестационарного теплового режима строительных конструкций

грунте. Также, эти данные могут быть использованы для сравнения результатов моделирования температурных полей с результатами натурного эксперимента, который в данный момент выполняется авторами. Рассмотренные источники являются в полной мере достоверными, а доступный массив данных применим для разработки типового климатического года.

4. Заключение

В результате проведенного анализа определены достоверные источники климатических данных, предоставляющие открытый доступ к архивам за многолетний период. Доступны среднесуточные температура и относительная влажность воздуха, а также почасовые данные из более чем 500 метеостанций России. Для подготовки граничных условий для расчета нестационарного режима теплопередачи заглубленных в грунт строительных конструкций обработаны среднесуточные температуры наружного воздуха в г. Казань. Найдены среднemesячные температуры, относительное распределение температур за последние 10 лет.

В дальнейшем планируется рассчитать специализированный типовой климатический год для г. Казань. Его особенность будет состоять в том, что он станет более представительным для расчета нестационарного режима заглубленных в грунт конструкций за счет придания большего веса параметрам, влияющим на температуру грунта.

Список литературы/References

1. Малявина Е.Г., Льюнг Фан Ван. Предлагаемый подход к выбору расчётных параметров климата для тёплого периода года // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2019. № 2. С. 72–75. [Malyavina E.G., Luong Phan Van. The proposed approach to the selection of calculated climate parameters for the warm period of the year // Plumbing, Heating, Air conditioning. 2019. № 2. P. 72-75].
2. Самарин О. Д. Вероятностно-статистическая взаимосвязь климатических параметров для оценки энергопотребления здания // Вестник МГСУ. 2014. №1. С. 146-152. EDN: RTUKLR [Samarin O.D. Probabilistic-statistical relationship of climatic parameters for assessing the energy consumption of a building // Bulletin of MGSU. 2014. № 1. P. 146-152].
3. Малявина Е. Г., Иванов Д. С., Фролова А. А. Климатическая информация в форме специализированного «типового» года // СтройПРОФИ. 2014. № 18. С. 34–36. [Malyavina E.G., Ivanov D. S., Frolova A. A. Climate information in the form of a specialized "Typical Meteorological Year" // StroyPROFI. 2014. № 18. P. 34-36].
4. Куприянов, В. Н. Прогнозирование переувлажнения ограждающих конструкций при конденсации в них водяного пара // Приволжский научный журнал. 2021. № 2(58). С. 84-91. – EDN OSHNAU. [Kupriyanov, V. N. Prediction of waterlogging of enclosing structures during condensation of water vapor in them // Privolzhsky scientific journal. 2021. № 2. P. 84-91].
5. Иванцов, А. И. Температурный режим поверхности ограждающих конструкций зданий в климатических условиях РФ // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 3(19). – С. 44-50. – EDN ZSMCKH. [Ivantsov, A.I. Temperature regime of the surface of enclosing structures of buildings in the climatic conditions of the Russian Federation // Biospheric compatibility: man, region, technology. 2017. № 3(19). P. 44-50].
6. Тышова, Ю. В. Влияние солнечной радиации на неравномерное промерзание и оттаивание мерзлых грунтов // Молодой ученый. 2020. № 51. С. 50-54. [Tyshova, Yu. V. Influence of solar radiation on uneven freezing and thawing of frozen soils // Young scientist. 2020. № 51. P. 50-54].
7. Задорожная Т.Н., Закусиллов В.П., Бучнев Д.В. Сравнительная оценка изменений климатических показателей температуры воздуха на европейской территории России в холодный период года // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2019 № 9 С. 135-148. EDN: HIJYA [Zadorozhnaya T.N., Zakusilov V.P., Buchnev D.V. Comparative

- assessment of changes in climatic indicators of air temperature in the European territory of Russia during the cold season // *Aerospace forces. Theory and practice*. 2019. № 9. P. 135-148].
8. Акимов Л.М., Задорожная Т.Н., Закусилов В.П. Анализ климатических параметров температуры воздуха на европейской территории России в летний период : сб. ст. международной научно-практической конференции. Посвящается 85-летию факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ. Том 1. / Цифровая полиграфия. Воронеж, 2019. С. 13-19. [Akimov L.M., Zadorozhnaya T.N., Zakusilov V.P. Analysis of climatic parameters of air temperature in the European territory of Russia in summer: Proceedings of the international scientific and practical conference. Dedicated to the 85th anniversary of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism of the Voronezh State University. Volume 1. / Digital printing. Voronezh, 2019. P. 13-19].
9. Рабинович М.В. Надежная и безаварийная эксплуатация зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах в условиях изменения климатических параметров территорий крайнего севера российской федерации // *Экономика строительства*. 2022. №2 (74). С. 83-89. [Rabinovich M.V. Reliable and trouble-free operation of buildings and structures on permafrost soils in the conditions of changing climatic parameters of the territories of the Far North of the Russian Federation // *Economics of construction*. 2022. № 2 (74). P. 83-89].
10. Копылов В. Н. Современные тенденции изменения в сибире климатических параметров, влияющих на строительную отрасль // *Труды сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института*. 2021. №107 С. 186-197. [Kopylov V.N. Modern trends in climate change in Siberia affecting the construction industry // *Proceedings of the Siberian Regional Research Hydrometeorological Institute*. 2021. № 107. P. 186-197].
11. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. М.: Росгидромет, 2023. 110 с. [Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2022. М.: Rosgidromet, 2023. 110 p.]
12. Иванова А.А., Слагода Е.А. Моделирование пространственного распределения климатических параметров на севере западной сибире // *Географический вестник*. 2020 №2 (53) С. 119-129. EDN: WZKVVQ [Ivanova A.A., Slagoda E.A. Modeling the spatial distribution of climatic parameters in the north of Western Siberia // *Geographical Bulletin*. 2020. № 2 (53). P. 119-129].
13. Кобышева Н.В., В. Э. Ницис К вопросу об учете нестационарности метеорологических рядов при осреднении // *Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. 2019. № 594. С. 7-14. – EDN KHAIQZ. [Kobysheva N.V., Nitsis, V.E. On the issue of taking into account the non-stationarity of meteorological series in averaging // *Proceedings of the main geophysical observatory named after A.I. Voeikov*. 2019. №. 594. P. 7-14].
14. Гагарин В.Г., Чжибо Ч. Учет градусо--суток отопительного периода при сравнении потребления энергии зданиями // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. – 2016. № 6(982). С. 58-59. EDN VZKYOP. [Gagarin V.G., Chzhibo Ch. Consideration of degree-days of the heating period when comparing energy consumption of buildings // *BST: Construction Machinery Bulletin*. 2016. № 6. P. 58-59].
15. Салль М.А. Статистический анализ температурных изменений на территории Российской Федерации в летний период (за 1966-2010 годы) // *Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. 2013. № 569. С. 113-123. EDN RVQHFN. [Sall M.A. Statistical analysis of temperature changes on the territory of the Russian Federation during the summer period (for 1966-2010) // *Proceedings of the main geophysical observatory named after A.I. Voeikov*. 2013. № 569. P. 113-123].
16. X. Fan: A method for the generation of typical meteorological year data using ensemble empirical mode decomposition for different climates of China and performance comparison analysis / *Energy* 2022. № 240. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122822
17. T. Cebecauer, M. Suri: Typical Meteorological Year Data: SolarGIS Approach / *Energy Procedia*. 2015 № 69. P. 1958-1969. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.03.195
18. S. Wilcox, W. Marion: Users Manual for TMY3 Data Sets. Technical Report NREL/TP-581-43156, 2008. 58 p.

19. K. Skeiker, B. A. Ghani: A software tool for the creation of a typical meteorological year / Renewable Energy. 2009. № 34. P. 544-554. DOI: 10.1016/j.renene.2008.05.046
20. D. Bienvenido-Huertas, C. Rubio-Bellido, J. A. Pulido-Arcas, A. Pérez-Fargallo: Towards the implementation of periodic thermal transmittance in Spanish building energy regulation / Journal of Building Engineering 2020. № 31. DOI: 10.1016/j.jobee.2020.101402
21. Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан // tatarmeteo.ru : информационный портал. URL: <http://www.tatarmeteo.ru/ru/meteorologiya-i-klimat/set-meteorologicheskix-stanczij-i-postov.html> (дата обращения: 02.04.2023). [Administration for hydrometeorology and environmental monitoring of the Republic of Tatarstan // tatarmeteo.ru: information portal. URL: <http://www.tatarmeteo.ru/ru/meteorologiya-i-klimat/set-meteorologicheskix-stanczij-i-postov.html> (reference date: 04/02/2023).]
22. Специализированные массивы для климатических исследований // aisori-m.meteo.ru : информационный портал. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения: 02.04.2023). [Specialized arrays for climate research // aisori-m.meteo.ru: information portal. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (reference date: 04/02/2023).]
23. Национальный центр экологической информации // [ncei.noaa.gov](https://www.ncei.noaa.gov) : информационный портал. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/cdo-web/> (дата обращения: 02.04.2023). [National Center for Environmental Information // [ncei.noaa.gov](https://www.ncei.noaa.gov): information portal. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/cdo-web/> (reference date: 04/02/2023).]
24. Гидрометцентр России // meteoinfo.ru : информационный портал. URL: <https://meteoinfo.ru> (дата обращения: 02.04.2023). [Hydrometeorological Center of Russia // meteoinfo.ru: information portal. URL: <https://meteoinfo.ru> (reference date: 04/02/2023).]

Информация об авторах

Дмитрий Владимирович Крайнов, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация. Email: dmitriy.kraynov@gmail.com

Илья Александрович Масленников, аспирант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация. Email: maslennikov.ilya.a@gmail.com

Information about the authors

Dmitriy Vladimirovich Kraynov, candidate of technical sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.

Email: dmitriy.kraynov@gmail.com

Ilya Aleksandrovich Maslennikov, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.

Email: maslennikov.ilya.a@gmail.com