

Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

Urban and rural settlement planning

Научная статья
УДК 711.6+624.042.41
DOI: 10.14529/build230301

УЧЁТ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

В.Д. Оленьков, olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru
А.О. Колмогорова, kolmogorovaao@susu.ru
М.Д. Замула, miha13032001@gmail.com
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Известно, что резкие порывы ветра могут не только принести человеку некий дискомфорт, но и в какой-то мере подвергнуть человека опасности. В связи с этим ветровой режим жилой застройки является одним из важнейших факторов проектирования, который необходимо учитывать, так как от этого напрямую зависит комфортное пребывание человека в городской среде. Вследствие этого необходимо учитывать движение потоков ветра при проектировании городской застройки. В статье представлено описание методики выполнения численного моделирования ветрового воздействия на группу зданий с целью обеспечения комфортности пребывания человека в жилой застройке. Для реализации метода численного моделирования в этом исследовании был использован программный комплекс ANSYS Discovery Live. Результаты, полученные в ходе эксперимента, и выявленные закономерности помогут лучше оценивать уровень комфортности архитектурно-планировочных решений городской застройки, в том числе при планировании строительства зданий внутри существующих микрорайонов.

Ключевые слова: численное моделирование, градостроительство, вычислительная гидродинамика, аэрация, поле скоростей, градостроительная аэродинамика, ANSYS Discovery Live

Для цитирования. Оленьков В.Д., Колмогорова А.О., Замула М.Д. Учёт ветрового режима при проектировании жилой застройки // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 3. С. 5–13. DOI: 10.14529/build230301

Original article
DOI: 10.14529/build230301

CONSIDERATION OF WIND CONDITIONS IN THE DESIGN OF RESIDENTIAL BUILDINGS

V.D. Olenkov, olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru
A.O. Kolmogorova, kolmogorovaao@susu.ru
M.D. Zamula, miha13032001@gmail.com
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Sharp gusts of wind can not only cause discomfort, but also to some extent put people danger. In this regard, the wind conditions of residential developments is one of the most important design factors that must be taken into account, since comfort of the urban environment directly depends on it. As a result, it is necessary to take into account the movement of wind flows when designing urban development. The article describes a methodology for numerical simulation of the impact of wind on a group of buildings in order to ensure comfortable conditions in residential buildings. Numerical modeling was conducted ANSYS Discovery Live. The obtained results and revealed patterns will help to better assess the level of comfort of architectural and planning solutions of urban developments, including when planning the construction of buildings within existing neighborhoods.

Keywords: numerical modeling, urban planning, computational fluid dynamics, aeration, velocity field, urban aerodynamics, ANSYS Discovery Live

For citation. Olenkov V.D., Kolmogorova A.O., Zamula M.D. Consideration of wind conditions in the design of residential buildings. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture.* 2023;23(3):5–13. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230301

Введение

В настоящее время в современном быстроразвивающемся мире наблюдается тенденция снижения уровня комфорта городской среды в связи с уплотнением застройки. Это влечёт за собой некоторые риски для человека, в том числе для здоровья морального и физического, а также дискомфорт. Причин для ухудшения комфортности может быть много: шум, загрязнённость окружающей среды, отсутствие должной инсоляции ввиду высокоплотной застройки, сильные сквозняки и порывы ветра во дворах или, наоборот, застой воздуха и т. д. [1–6].

В связи с данными проблемами современной застройки человеку требуется улучшение микроклимата жилой зоны, что может быть реализовано с помощью учёта ветрового режима. Учёт ветрового режима при проектировании жилой застройки наряду с соблюдением норм инсоляции является одной из важнейших задач градостроительства. Однако, в отличие от норм инсоляции, проветриванию или ветрозащите территории уделяется недостаточно внимания в нормативах и в практике проектирования [7–11].

С помощью правильного учёта ветрового режима жилой застройки можно добиться больших результатов. Среди них: естественное проветривание территории; защита от вредных выхлопов автомобилей, загазованности от предприятий и т. д.; защита от срывов ветра (от повышенных скоростей); защита застройки от шума [12–18].

Решение этих задач при проектировании может быть выполнено различными способами – теоретическим (расчётным) и экспериментальным (практическим).

Современная архитектурно-строительная аэродинамика всё больше внимания уделяет теоретическому методу учёта ветрового режима застройки. Такой метод получил название метода численного моделирования [19–23]. Экспериментальный же метод чаще всего использовался на ранних этапах градостроительства, когда развитие ЭВМ ещё не достигло столь значимого уровня. Экспериментальный метод заключался в исследовании моделей застройки в аэродинамической трубе. Такой метод является очень трудоёмким и может быть рекомендован для исследования уникальных зданий [24, 25].

В настоящее время применение метода численного моделирования обеспечивает достаточно высокую скорость получения результатов, а также необходимую точность. Для реализации этого метода в данном исследовании был использован программный комплекс ANSYS Discovery Live. Он имеет большое количество инструментов для расчёта и анализа многих процессов, в данном случае нас интересует газодинамика. Также этот метод имеет, безусловно, высокую гибкость в создании моделей, поскольку данный вопрос решается с помощью специальных графических про-

грамм, таких как Autodesk AutoCAD, который и был использован в данной работе.

На стадии проектирования очень удобно проверять различные теории по поводу ветрового режима застройки и находить правильные пути и подходы для решения задач обеспечения комфорта в жилом дворе. С помощью полученных результатов, которые обычно представляют собой поля скоростей ветра, можно исследовать «поведение» ветра в той или иной ситуации, а также исправить «проблемные» зоны заблаговременно, в процессе проектирования, тем самым обеспечив должную ветрозащиту или проветривание территории.

Целью исследования является изучение характера ветрового режима проектируемого жилого комплекса.

Задачи исследования:

- 1) определение факторов, влияющих на ветровой режим жилой территории;
 - 2) выявление закономерностей изменения скоростей и направлений ветра в зависимости от геометрической композиции застройки;
 - 3) анализ комфортности ветрового режима на территории жилого комплекса;
 - 4) анализ полученных результатов, выявление закономерностей, предложения и рекомендации.
- Объектом исследования являлось обтекание ветровым потоком проектируемого жилого комплекса (рис. 1) с учётом жилой застройки.

1. Описание методики проведения исследования и исходные данные

Расчётная часть выполнена с применением программного комплекса ANSYS Discovery Live. Данный подвид программного обеспечения ANSYS является во многом схожим с более комплексным аналогом – ANSYS CFX и ANSYS Fluent.

Основным достоинством ANSYS Discovery Live является скорость расчётов, а также простота в освоении пользователем. Если сравнить скорость расчёта в CFX и Discovery Live, то весь цикл расчёта, к примеру, одного направления входящего потока ветра, сокращается в 10–50 раз, поскольку не требуется создание сетки конечных элементов (данный процесс чаще всего занимает наибольшую часть времени от всего расчёта). Также, в отличие от традиционного метода, Discovery Live не требует полной очистки модели от коллизий – расчёт запускается в любом случае и совершенные ошибки при создании геометрии на процесс расчёта не влияют.

Однако CFX и Fluent представляют собой более подробный программный комплекс, соответственно, применение данных аппаратов позволяет получить более точный результат, причём точность напрямую зависит от детализации и верности настройки параметров сетки конечных элементов, а также самой геометрии.

ANSYS Discovery Live изначально задумывался как программа концептуальных расчётов,



Рис. 1. Исследуемый жилой комплекс (проект)

следовательно, высокая точность от неё не требуется. Главным требованием к данному аппарату является быстрое выполнение необходимых расчётов аэродинамики объектов. К слову, в самой программе имеется функция, позволяющая выбрать скорость расчёта. В соответствии с этим и конечный результат расчёта будет меняться.

Данный программный комплекс полностью построен на базе уже имеющегося редактора геометрии SpaceClaim Direct Modeler. При этом в данную программу разработчиками был добавлен необходимый минимум функций для выполнения расчётов аэродинамики:

- 1) доработка загруженной из сторонних пакетов геометрии;
- 2) создание необходимых сечений в различных зонах под различными углами наклона секущей плоскости для получения результатов в любой точке расчётной области;
- 3) получение численных результатов скоростей ветра, а также многих других параметров, таких как давление, температура и т. д.;
- 4) получение необходимых графиков изменения исследуемых параметров в зависимости от различных величин.

В случае расчётных программ зачастую встаёт вопрос о достоверности результатов вычислений. В соответствии с этим следует выполнить верифицирующий расчёт, помогающий оценить соответствие результатов расчётов действительности.

В качестве реального результата взята схема, показывающая коэффициенты трансформации скорости потока ветра, входящего в типовую застройку – два параллельных друг другу здания [13].

Результат натурного эксперимента, проведенного ранее группой исследователей под руководством К.И. Семашко [13], представлен в виде диапазонов коэффициентов трансформации скорости ветра. Эти диапазоны ограничены секторами. Например, присутствуют секторы с коэффициентами трансформации скорости ветра от 0 до 0,25 и т. д.

Результат расчётов модели двух параллельных друг другу зданий в ANSYS Discovery Live совместно с наложенной на него схемой коэффициентов трансформации скорости ветра, полученной в ходе натурного эксперимента [13], представлен на рис. 2.

При наложении результатов, полученных в ходе натурного эксперимента, на результаты численного моделирования можно заметить, что полученные расчётным способом значения находятся в заданных натурным экспериментом диапазонах.

Сходимость результатов достаточно высокая, программный комплекс с приемлемой точностью отразил принципиальное распределение ветрового потока в исследуемой застройке, а следовательно, применение программного комплекса ANSYS Discovery Live в нашем случае допустимо.

Объектом анализа ветрового режима был выбран проектируемый жилой комплекс. Вокруг него располагается достаточно плотная застройка, а значит, расчёт ветрового режима объекта анализа следует производить с учётом близлежащих зданий.

В начале работы была смоделирована основная исследуемая застройка и несколько прилегающих к ней зданий в соответствии с генеральным планом жилого комплекса. В целях исследования влияния окружающей застройки на ветровой

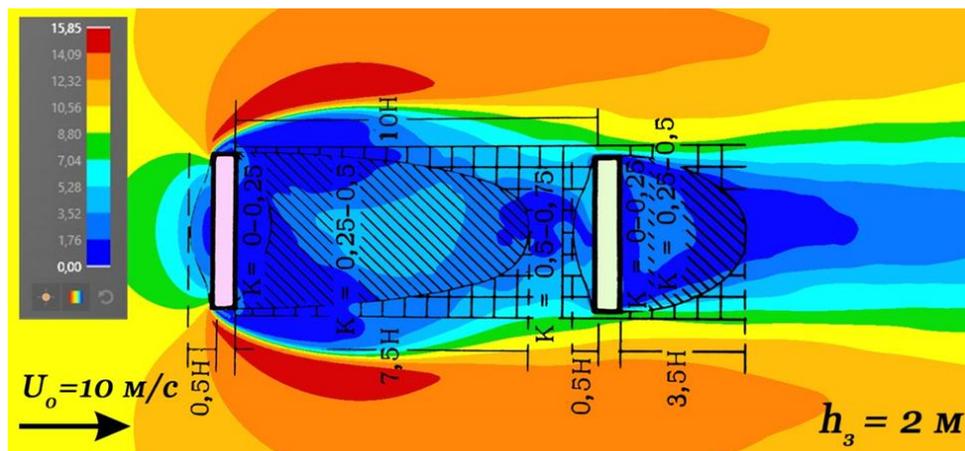


Рис. 2. Верифицирующий расчёт

режим исследуемой территории был проведён расчёт на основе «упрощённой» модели. Далее был проведён анализ результатов: получены изополя скоростей ветра, коэффициенты скорости ветра, направления векторов исследуемого движения ветра.

Объект исследования включает в себя три группы зданий (этажностью 6, 10 и 17 этажей) с двухъярусной парковкой, вынесенной отдельно от зданий в целях улучшения санитарно-гигиенической обстановки территории жилого комплекса. Парковка запроектирована с северной стороны в сквозном проветриваемом исполнении. Напротив неё располагается открытая парковочная зона. Места для парковки внутри дворовых территорий полностью отсутствуют. Таким образом, все автомобили жилого комплекса находятся с одной стороны (к северу) от жилого комплекса. В разрывах между исследуемыми домами проектом предусмотрено соответствующее современным нормам благоустройство территории с площадками для отдыха детей и взрослых, дорожками, малыми архитектурными формами и озеленением. Все три

группы зданий П-образной формы. Их размеры в среднем составляют 75х60 метров, а ширина дворов – 45 метров. Интервалы между группами домов в среднем составляют 40 метров.

Трёхмерная модель исследуемого жилого комплекса показана на рис. 3. Общие размеры исследуемой области в плане составили 361 метр в длину и 194 метра в ширину. Таким образом, площадь исследуемой застройки составляет 0,07 км². Введём понятие «радиуса» принятой застройки. Данное понятие обозначает расстояние от центра принятой группы зданий до самой крайней точки этой же группы. Радиус застройки на данном этапе исследований составляет 200 метров.

2. Результаты исследования

Рассмотрены два направления ветра в качестве примера: северный и южный. Входящие в застройку скорости U_0 приняты по приложению 4 СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» [7]. Для северного направления $U_0 = 4,5$ м/с, для южного направления $U_0 = 3,7$ м/с. В соответствии с этим получены картины изопо-

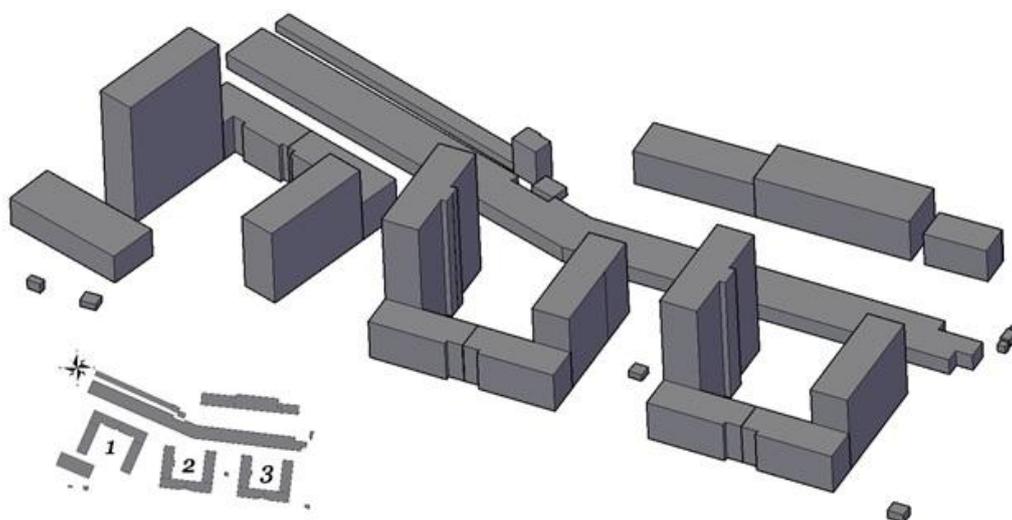


Рис. 3. Трёхмерная модель исследуемой жилой застройки

лей скоростей ветра, представленные на рис. 4 и 5 соответственно.

Для корректного анализа полученных данных необходимо разграничить аэрационные зоны по скорости ветра. Согласно данным И.К. Лифанова [20] аэрационные зоны подразделяются на:

- застойные зоны – области, в которых скорость ветрового потока находится в пределах от 0 до 1 м/с (в данном случае воздух практически не циркулирует в данном месте, что приводит к задержке вредных веществ и неприятных запахов);

- комфортные зоны – области, в которых скорость ветрового потока находится в пределах от 1 до 3 м/с (ветровое воздействие на человека не вызывает у него дискомфорта, а также ветровой поток с данными скоростями способствует циркуляции воздуха);

- допустимые зоны – области, в которых скорость ветрового потока находится в пределах от 3 до 5 м/с (скорость ветрового потока является приемлемой, однако приближается к критической);

- дискомфортные зоны – области, в которых скорость ветрового потока составляет более 5 м/с (вызывает дискомфорт у человека и является негативным фактором для жизнедеятельности людей).

Проанализировав полученные данные поля скоростей ветра при северном направлении входящего ветрового потока (см. рис. 4), можно отметить, что в промежутках между дворами № 1, 2 и 3 наблюдается увеличение скорости ветра относительно начальной вплоть до 5,65 м/с. Таким образом, коэффициент трансформации достигает величины 1,26, а значит, в данных местах наблюдается дискомфортная ветровая зона (скорость ветра составляет более 5 м/с).

Если вести речь о дворовых территориях жилых домов, то следует сказать, что в них в основном

наблюдаются комфортные ветровые зоны (скорость ветра составляет от 1 до 3 м/с). Допустимые и застойные зоны практически отсутствуют.

Аналогично проанализировав полосу территории вдоль двухъярусной парковки к югу (со стороны исследуемых жилых домов), отметим, что там в основном наблюдаются допустимые ветровые зоны. Это можно объяснить близостью жилых домов и самой парковки друг к другу.

При обтекании воздушным потоком застройки ветром южного направления наблюдается картина, представленная на рис. 5. В данном случае зонами с повышенными скоростями также являются зоны между дворами № 1, 2 и 3. Здесь наблюдается увеличение скорости ветра вплоть до 5,22 м/с, а коэффициент трансформации достигает величины 1,41.

Следует отметить, что во дворах жилых домов № 2 и № 3 наблюдается застой воздуха (скорость ветра составляет от 0 до 1 м/с). Это может быть обусловлено высотой зданий (примерно 18 метров), которые укрывают дворы от ветра.

Обратная картина наблюдается во дворе жилого дома № 1. Здесь скорость ветра достигает 4,64 м/с, что уже является значением, находящимся в зоне допустимых скоростей ветра (скорость ветра составляет от 3 до 5 м/с). Также в этом дворе наблюдаются зоны застойные и комфортные. В полосе территории между жилыми домами и двухъярусной парковкой ветер имеет скорости, лежащие в зоне допустимых значений, что способствует проветриванию территории, прилегающей к автопарковке.

Проанализировав полученные картины и сопоставив выявленные зоны скоростей ветра, можно с определённой уверенностью сказать одно: промежутки между жилыми домами №1, 2 и 3 являются легко продуваемыми.

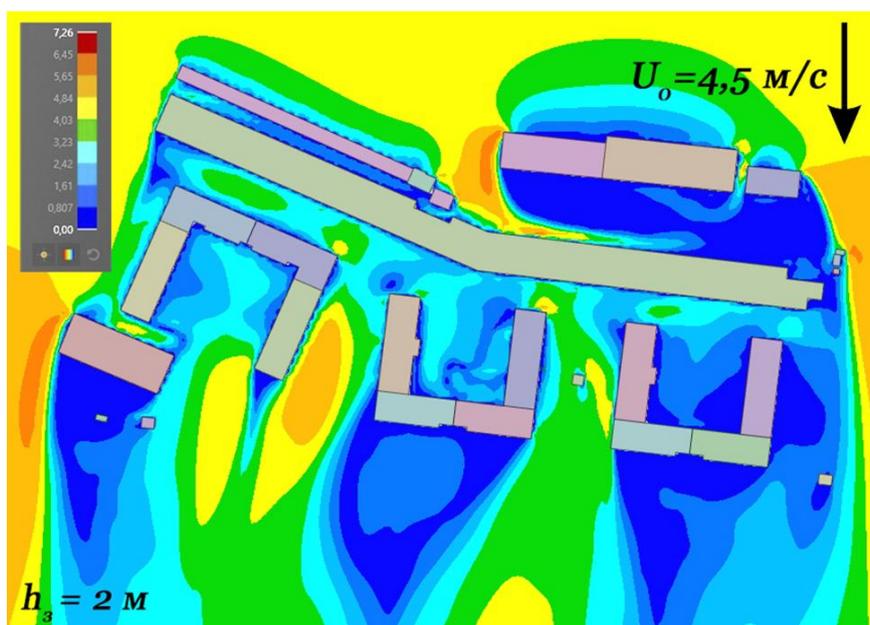


Рис. 4. Поле скоростей ветра при северном направлении

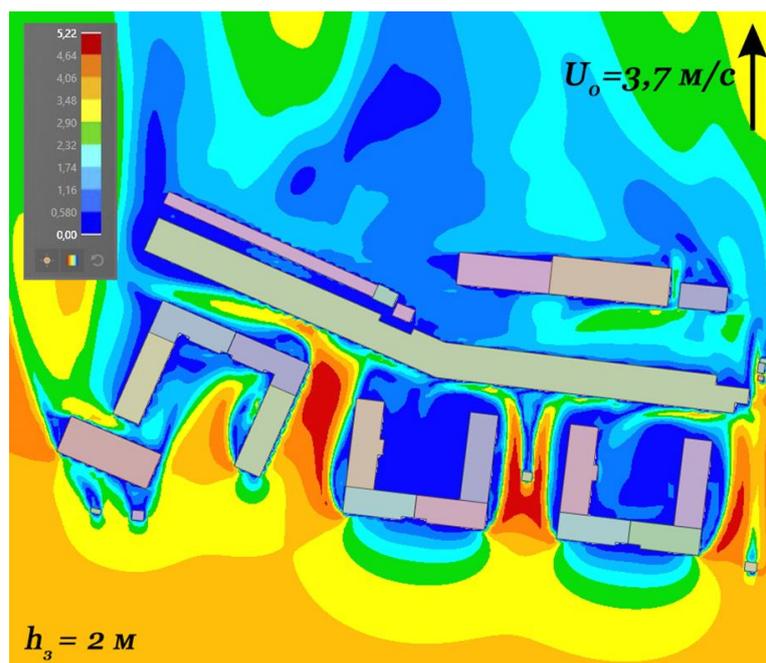


Рис. 5. Поле скоростей ветра при южном направлении

Однако полученные данные могут не полностью соответствовать реальности ввиду густой застройки вокруг проектируемого жилого комплекса. Поэтому на следующем этапе исследований необходимо произвести укрупнение исследуемой модели застройки.

Выводы

Проведённые исследования показали, что:

1) рассмотренная в исследовании композиция зданий способствует ветрозащите дворовых территорий, а следовательно, необходимо рассматри-

вать аэрацию жилой зоны с точки зрения проветривания;

2) полученная методика расчёта аэродинамических характеристик жилой застройки с помощью компьютерного моделирования в пакете ANSYS Discovery Live может использоваться в целях исследования ветрового режима застройки, для определения комфортности пребывания человека в жилой среде;

3) расчёт с использованием рассмотренной модели может быть уточнён при учёте окружающей застройки посредством увеличения радиуса охватываемой прилегающей территории.

Список литературы

1. Полуй Б.М. Архитектура и градостроительство в суровом климате. Л.: Стройиздат, 1989. 304 с.
2. Оленьков В.Д. Нарушенные территории в градостроительстве: восстановление, использование, аэрационный режим: моногр. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. 192 с.
3. Серебровский Ф.Л. Аэрация населенных мест. М.: Стройиздат, 1985. 172 с.
4. Сумеркин Ю.А., Теличенко В.И. Оценка экологической безопасности придомовых территорий жилых районов // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 6. С. 99–103.
5. Римша А.Н. Градостроительство в условиях жаркого климата: учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1979. 312 с.
6. Горохов В.А. Городское зеленое строительство: учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1991. 416 с.
7. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М.: Стройиздат, 1983. 136 с.
8. СП 131.13330.2020. Строительная климатология СНиП 23-01-99*. М.: ГУП ЦПП, 2020.
9. СП 42.13330.2016. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция. СНиП 2.07.01-89*. М.: ГУП ЦПП, 2016.
10. МГСН 1.04-2005. Временные нормы и правила проектирования планировки и застройки участков территории высотных зданий-комплексов, высотных градостроительных комплексов в городе Москве. М.: Изд-во стандартов, 2005. 34 с.
11. Постановление Правительства Москвы от 21 декабря 2021 года № 2152-ПП «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования города Москвы в области торговли, обслуживания и обеспечения комфортных и благоприятных условий проживания граждан в объектах жилого назначения».

12. Рекомендации по учету природно-климатических факторов в планировке, застройке и благоустройстве городов и групповых систем населенных мест. М.: ЦНИИП градостроительства, 1980. 139 с.
13. Семашко К.И. Некоторые закономерности распределения ветрового потока в жилой застройке // Оздоровление окружающей среды городов: сборник научных трудов. М.: ЦНИИП градостроительства, 1973. с. 99–108.
14. Рекомендации по оценке аэрации территории в жилой застройке г. Москвы / Отв. ред. И.К. Лифанов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МАКС Пресс, 2006. 160 с.
15. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки/ ЦНИИП градостроительства. М.: Стройиздат, 1986. 59 с.
16. Обеспечение экологической безопасности городов с учетом аэрационного режима воздуха / И.С. Шукуров, В.Д. Оленьков, В. Пайкан, Р.М. Аманов // Вестник БГТУ. 2017. № 5. С. 41–44. DOI: 10.12737/article_590878faafb818.60730967
17. Коробейникова А.Е. Особенности формирования и оценки аэрационного режима жилой застройки на склоновых территориях в условиях арктической зоны РФ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во МГУ, 2002. 23с.
18. Лазарева И.В. Рекомендации по использованию нарушенных территорий для градостроительства. М.: ЦНИИП градостроительства, 1983. 104 с.
19. Поддаева О.И., Кубенин А.С., Чуринов П.С. Архитектурно-строительная аэродинамика: учебное пособие. 2-е изд. М.: МГСУ, 2017. 88 с.
20. Лифанов И.К., Гутников В.А., Скотченко А.С. Моделирование аэрации в городе: учебник. М.: Диалог-МГУ, 1998. 134 с.
21. Оленьков В.Д., Колмогорова А.О., Сапогова А.Е. Компьютерное моделирование аэрационного режима жилой застройки с целью проветривания и ветрозащиты // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2021. Т. 21, № 1. С. 5–12. DOI 10.14529/build210101
22. Оленьков В.Д. Учет ветрового режима городской застройки при градостроительном планировании с использованием технологий компьютерного моделирования // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2017. Т. 17, № 4. С. 21–27. DOI: 10.14529/build170403.
23. Особенности учёта ветрового режима при проектировании жилой застройки в целях проветривания и ветрозащиты / В.Д. Оленьков, А.О. Колмогорова, И.И. Бараков и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2022. Т. 22, № 3. С. 14–23. DOI: 10.14529/build220302
24. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / пер. с англ. Б.Е. Маслова, А.В. Швецовоной; под ред. канд. техн. наук Б.Е. Маслова. М.: Стройиздат, 1984. 360 с.
25. Кочев А.Г., Соколов М.М. Влияние внешней аэродинамики на микроклимат православных храмов: моногр. Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. 188 с.

References

1. Poluy B.M. *Arkhitektura i gradostroitel'stvo v surovom klimате* [Architecture and urban planning in a harsh climate]. Leningrad: Stroyizdat Publ., 1989. 304 p. (In Russ.)
2. Olenkov V.D. *Narushennyye territorii v gradostroitel'stve: vosstanovlenie, ispol'zovanie, aeratsionnyy rezhim: Monografiya*. [Disturbed territories in urban planning: restoration, use, aeration regime: Monograph]. Chelyabinsk: South Ural St. Univ. Publ., 2002. 192 p. (in Russ.)
3. Serebrovskiy F.L. *Aeratsiya naseleennykh mest*[Aeration of Residential Area]. Moscow, Stroyizdat Publ.; 1985. 172 p. (in Russ.)
4. Sumerkin Yu. A., Telichenko V. I. Assessment of ecological safety of territories adjoining residential areas. *Industrial and Civil Engineering*. 2017;6:99–103. (in Russ.)
5. Rimsha A.N. *Gradostroitel'stvo v usloviyakh zharkogo klimata: uchebnyy dlya vuzov* [Urban planning in a hot climate: textbook for universities]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1979. 312 p. (in Russ.)
6. Gorokhov V.A. *Gorodskoe zelenoe stroitel'stvo: ucheb. posobie dlya vuzov* [Urban green construction: textbook. manual for universities]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1991. 416 p. (in Russ.)
7. *SNiP 2.01.01-82 Stroitel'naya klimatologiya i geofizika* [Building codes and regulations 2.01.01-82 Construction climatology and geophysics]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1983. 136 p. (in Russ.)
8. *SP 131.13330.2020 Stroitel'naya klimatologiya* [Set of Rules 131.13330.2020 Construction climatology]. Moscow: GUP CPP; 2020. (in Russ.)
9. *SP 42.13330.2016 Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy* [Set of Rules 42.13330.2016 Planning and construction of urban and rural settlements]. Moscow: GUP CPP, 2016. (in Russ.)
10. *MGSN 1.04-2005 Vremennyye normy i pravila proektirovaniya planirovki i zastroyki uchastkov territorii vysoznykh zdaniy-kompleksov, vysoknykh gradostroitel'nykh kompleksov v gorode Moskve* [MGSN 1.04-2005 Temporary norms and rules for the design of the layout and development of the territory of high-rise buildings-complexes, high-rise urban complexes in the city of Moscow]. Moscow: Publishing House of Standards; 2005. 34 p.

11. The Government of Moscow Resolution No. 2152-PP dated December 21, 2021 “On approval of the standards of urban planning design of the City of Moscow in the field of trade, service and provision of comfortable and favorable living conditions for citizens in residential facilities”.

12. *Rekomendatsii po uchetu prirodno-klimaticheskikh faktorov v planirovke, zastroyke i blagoustroystve gorodov i gruppyvnykh sistem naseleennykh mest* [Recommendations on taking into account natural and climatic factors in the planning, construction and improvement of cities and group systems of populated places]. Moscow: TsNIIP of Urban Planning, 1980. 139 p. (in Russ.)

13. Semashko K.I. [Some patterns of wind flow distribution in residential buildings]. In: *Ozdorovlenie okruzhayushchey sredy gorodov: sbornik nauchnykh trudov* [Improving the environment of cities: collection of scientific papers]. Moscow: TSNIIP of Urban Planning, 1973. pp. 99–108 (in Russ.)

14. Lifanov I.K. (Ed.) *Rekomendatsii po otsenke aeratsii territorii v zhiloy zastroyke g. Moskvy* [Recommendations on the assessment of aeration of the territory in residential buildings in Moscow]. 2nd ed. Moscow: MAKS Press, 2006. 160 p. (in Russ.)

15. *Rukovodstvo po otsenke i regulirovaniyu vetrovogo rezhima zhiloy zastroyki* [Guidelines for Assessing and Regulating the Wind Regime of Residential Buildings]. TsNIIP gradostroitel'stva [Central Research and Design Institute for Urban Development]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1986. 59 p. (in Russ.)

16. Shukurov I.S., Olenkov V.D., Paykan V., Amanov R.M. Ensuring the environmental safety of cities, taking by account the aeration mode of air. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2017;5:41–44. (in Russ.) DOI: 10.12737/article_590878faafb818.60730967

17. Korobeynikova A.E. *Osobennosti formirovaniya i otsenki aeratsionnogo rezhima zhiloy zastroyki na sklonovykh territoriyakh v usloviyakh arkticheskoy zony RF: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Features of the formation and evaluation of the aeration regime of residential buildings on sloping territories in the conditions of the Arctic zone of the Russian Federation. Abstract of cand. sci. diss.] Moscow: Publishing House of Moscow State University, 2002. 23 p. (in Russ.)

18. Lazareva I.V. *Rekomendatsii po ispol'zovaniyu narushennykh territoriy dlya gradostroitel'stva* [Recommendations on the use of disturbed territories for urban planning]. Moscow: TSNIIP of Urban Planning, 1983. 104 p.

19. Poddaeva O.I., Kubenin A.S., Churin P.S. *Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika: uchebnoe posobie* [Architectural and construction aerodynamics: A textbook]. 2nd ed. Moscow: MGSU, 2017. 88 p. (in Russ.)

20. Lifanov I.K., Gutnikov V.A., Skotchenko A.S. *Modelirovanie aeratsii v gorode: uchebnik* [Modeling aeration in the city: textbook]. Moscow: Dialog-MSU, 1998. 134 p. (in Russ.)

21. Olenkov V.D., Kolmogorova A.O., Sapogova A.E. Computer simulation of the aeration mode of residential development for ventilation and wind protection. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2021;21(1):5–12 (in Russ.) DOI: 10.14529/build210101

22. Olenkov V.D. Accounting for wind regime of an urban development in town planning with the use of computer simulation technologies. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2017;17(4):21–27 (in Russ.) DOI: 10.14529/build170403

23. Olenkov V.D., Kolmogorova A.O., Barakov I.I., Belov M.A., Khakimov V.Y. Specifics of the wind regime in the design of residential development for ventilation and wind protection. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022;22(3):14–23 (in Russ.) DOI: 10.14529/build220302

24. Simiu E., Scanlan R. *Wind Effects on Structures: An Introduction to Wind Engineering*. Hoboken: John Wiley & Sons, 1986.

25. Kochev A.G., Sokolov M.M. *Vliyaniye vneshney aerodinamiki na mikroklimat pravoslavnykh khramov: nauchnaya monografiya* [The influence of external aerodynamics on the microclimate of Orthodox churches: scientific monograph]. N. Novgorod: NNGASU, 2017. 188 p. (in Russ.)

Информация об авторах:

Оленьков Валентин Данилович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru.

Колмогорова Алена Олеговна, старший преподаватель кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы» Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kolmogorovaao@susu.ru.

Замула Михаил Дмитриевич, студент кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; miha13032001@gmail.com.

Information about the authors:

Valentin D. Olenkov, Doc. Sci. in Engineering, associate professor, Professor of the Department of Town Planning, Engineering Networks and Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru.

Alena O. Kolmogorova, senior lecturer, Department of Town Planning, Engineering Networks and Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kolmogorovaao@susu.ru.

Mikhail D. Zamula, student, Department of Town Planning, Engineering Networks and Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; miha13032001@gmail.com

Статья поступила в редакцию 26.06.2023; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 26.06.2023; approved after reviewing 30.06.2023.