

## ОСОБЕННОСТИ УЧЁТА ВЕТРОВОГО РЕЖИМА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В ЦЕЛЯХ ПРОВЕТРИВАНИЯ И ВЕТРОЗАЩИТЫ

*В.Д. Оленьков, А.О. Колмогорова, И.И. Бараков, М.А. Белов, В.Ю. Хакимов*  
*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Ветер является одним из наиболее важных для учета климатических факторов, накладывающих определенные ограничения при проектировании жилой застройки. Цель исследования – определение характеристик воздействия ветровых потоков на варианты группировки жилых зданий различной конфигурации, предложенных в советское время с целью проветривания и ветрозащиты, а также на пример современной городской застройки – «человеиник», включающий высотные здания нестандартной конфигурации, создающий зону «колодца». Приведено исследование ветрового режима вариантов планировок жилой застройки с целью ветрозащиты и проветривания. Реализован переход от реального объекта к расчётной модели. Расчёт проводился с помощью программного комплекса Ansys CFX. На основе проделанной работы сформированы рекомендации к застройкам.

*Ключевые слова:* ветровой комфорт, жилая застройка, CFD-моделирование, Ansys CFX.

### Введение

В настоящее время темпы и масштабы строительства крупных городов диктуют новые правила в теории и практике градостроительства. Наиболее остро встает проблема планировки и проектирования городов с учетом как климатических, так и экологических факторов. Стремление строить высокие здания на сравнительно малой территории приводит к необходимости решения задач оздоровления воздушного бассейна, а также обеспечения ветрового и температурного комфорта жизнедеятельности человека.

На микроклиматические характеристики территорий влияют такие факторы, как воздействие солнечной радиации, температуры, влажностные и ветровые условия. Соответственно, эти факторы накладывают определенные ограничения при проектировании жилой застройки. Ветер является одним из наиболее важных для учета климатических факторов ввиду того, что он больше всего влияет на формирование микроклимата внешней среды и загрязненность атмосферного воздуха [1–3].

Ветер – природное явление, представляющее собой поток движущегося воздуха, несущий в себе большое количество кинетической энергии, что уже оказывается немаловажным фактором для учёта в сфере градостроительства.

Умеренные величины скорости ветра обеспечивают проветриваемость дворов, предотвращая скапливание мусора и выхлопных газов. Трансформированные же застройкой ветровые потоки (сильный ветер, порывы) способны нанести вред как людям, так и окружающим нас объектам: потеря равновесия и чрезмерное переохлаждение как результат воздействия шквального ветра, срыв элементов вентилируемых фасадов со стен зданий,

помеха для проведения строительных и прочих работ на высоте (например, работа промышленных альпинистов) [4–6].

Для предупреждения подобных ситуаций существуют некоторые рекомендации учета ветрового режима [7, 8], а также способы теоретического расчёта [9–12] и расчёта методом численного моделирования в специализированных программных комплексах [13–16].

В настоящее время одним из наиболее результативных и доступных методов изучения аэрационного режима и прогнозирования микроклимата архитектурных комплексов является численное моделирование и компьютерный анализ движения воздушных масс в пределах конфигураций зданий и окружающих их территорий.

В сущности, данные методики представляют собой решение задач вычислительной гидродинамики, иначе говоря, CFD (computational fluid dynamics) моделирования в программных комплексах.

Целью исследования являлось определение характеристик воздействия ветровых потоков на жилую застройку. Для этого исследование проводилось в 2 этапа: на первом этапе рассматривались варианты группировки жилых зданий различной конфигурации, предложенные в советское время с целью проветривания и ветрозащиты, производились расчеты застройки в «виртуальной аэродинамической трубе» с помощью программного комплекса Ansys CFX.

На втором этапе производился аэродинамический расчет примера современной городской застройки – «человеиника», включающего высотные здания нестандартной конфигурации, создающего зону «колодца».

## 1. Исследование ветрового режима советских планировок жилой застройки с целью ветрозащиты и проветривания

### 1.1. Исходные данные

Целью советских архитекторов и строителей являлось массовое строительство быстровозводимых домов с малогабаритными, но отдельными квартирами с минимальной сметой возведения. Но размещение и ориентация жилых и общественных зданий должны были обеспечить необходимую продолжительность инсоляции, ветрозащиту и интенсивную аэрацию жилых помещений.

Главным необходимым условием следует принимать, что скорость ветра выше 5 м/с считается для человека дискомфортной, в таком случае необходима ветрозащита, а при скорости ниже 2 м/с (слабый ветер) – проветривание, необходимо усиление аэрации. Оптимальную скорость для аэрации принимают равной 3–4 м/с.

С помощью определённой группировки жилых домов можно обеспечить комфортную для человека среду. Застройка изменяет скорость и направление ветра, господствующего на открытой незастроенной территории, что создает определенный ветровой режим.

В табл. 1 представлены приёмы архитектурно-планировочной композиции застройки с целью ветрозащиты и проветривания территории, разработанные на основе результатов натуральных и лабораторных исследований и теоретических расчётов и предложенные в «Руководстве по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки» [7].

## 1.2. Методика исследования ветрового режима застройки

### 1.2.1. Характеристика ветрового потока

Для аэродинамических расчётов в соответствии с [8] была выведена функция изменения скорости ветра по высоте от поверхности земли. Таким образом, уравнение логарифмического профиля ветра имеет вид:

$$U(z) = 7,477 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,25} \quad (1)$$

Введённое в Ansys CFX уравнение образует на области входящего воздуха искомый профиль ветра (рис. 1). При данных параметрах на высоте от поверхности 2 м – уровне роста человека – скорость составляет 5 м/с.

### 1.2.2. Описание методики проведения исследования

Для исследования обеспечения ветрозащиты и проветривания на основании конфигураций зданий, представленных в табл.1, был создан ряд моделей и проведены аэродинамические расчёты.

Полученные в ПК AutoCAD 3D-модели планировок были импортированы в Ansys CFX. Параметры расчётной области воздуха для каждой из конфигураций задавались согласно рис. 2. На полученную расчетную область воздуха накладывалась сетка конечных элементов, при этом был введён ряд настроек для создания оптимальной сетки, а также параметры среды: отсутствие переноса тепла, модель турбулентности «k-Epsilon». Далее были созданы области входящего, выходящего воздуха, граничные зоны с отсутствием вязкого

Таблица 1

Варианты группировки жилых зданий различной конфигурации, разработанные с целью ветрозащиты или усиления проветривания территории [7]

→ Направление ветра в застройке			
№	Приёмы застройки	Коэффициенты скорости ветра	Аэрационный режим территории
1		0,25–0,35	Ветрозащита
2		0,4–0,5	Ветрозащита
3		0,4–0,5	Проветривание
4		0,6–0,8	Проветривание
5		0,7–0,9	Проветривание

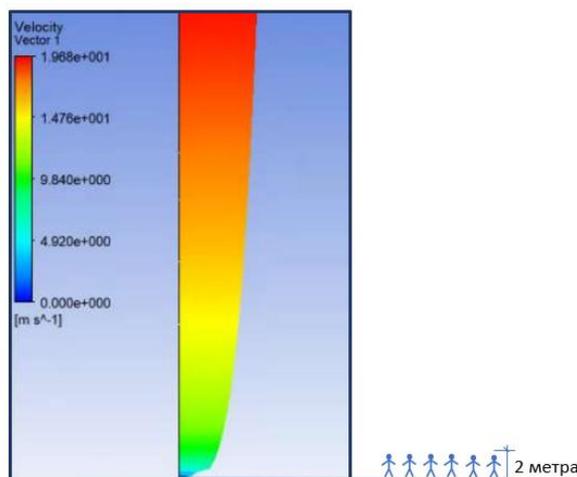


Рис. 1. Логарифмический профиль ветра

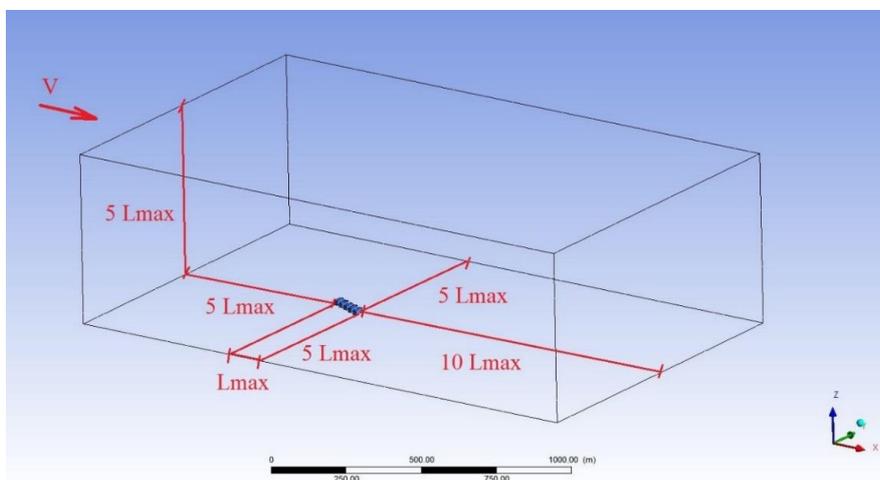


Рис. 2. Параметры расчётной области воздуха

трения, напряжения сдвига и нормальной скорости к стене. Посредством инструмента Expression была введена функция распределения скорости ветра по высоте. Расчёт производился при температуре наружного воздуха 20 °С. Общий порядок аэродинамического расчета с помощью методов численного моделирования представлен на рис. 3.

### 1.3. Результаты исследования планировок

По результатам расчетов были получены объемные картины полей скоростей ветра для ряда конфигураций, позволяющие сделать выводы о результативности формы и размещения здания относительно ветровых потоков для ветрозащиты или проветривания придомовой территории.

Согласно рис. 4 схема застройки способствует проветриванию территории. Воздушные массы активно перемещаются в направлении действия ветра. Присутствуют характерно выраженные срывы потока на наветренных торцах зданий первого ряда,  $v = 5-6,25$  м/с, однако в промежутке между двумя соседними зданиями и со стороны подветренных торцов наблюдается снижение скорости ветра

до 0,5–2,5 м/с. Средний коэффициент скорости ветра  $K = 0,74$ , вычисленный на основании поля скоростей, означает, что пребывание человека во дворе не принесет ему дискомфорта, но в то же время проветривание территории обеспечено.

Согласно рис. 5 схема застройки способствует ветрозащите территории. Зона с наветренной стороны характеризуется скоростями ветра в диапазоне 0,5–3,75 м/с. Зона с подветренной стороны проветривается скоростями 0,5–2,5 м/с и имеет значительные размеры. Однако территория, расположенная между зданиями, имеет зоны, в которых  $v = 5$  м/с ввиду занесения ветровых потоков. Средний коэффициент скорости ветра  $K = 0,58$ , вычисленный на основании поля скоростей, означает, что ветрозащита придомовой территории обеспечена. Средняя скорость снижена практически в 2 раза по сравнению с заданной первоначально.

Аналогичные результаты были получены для остальных конфигураций. Эффективность размещения зданий, направленных как на ветрозащиту, так и на проветривание, была подтверждена результатами исследований, представленных на рис. 6.

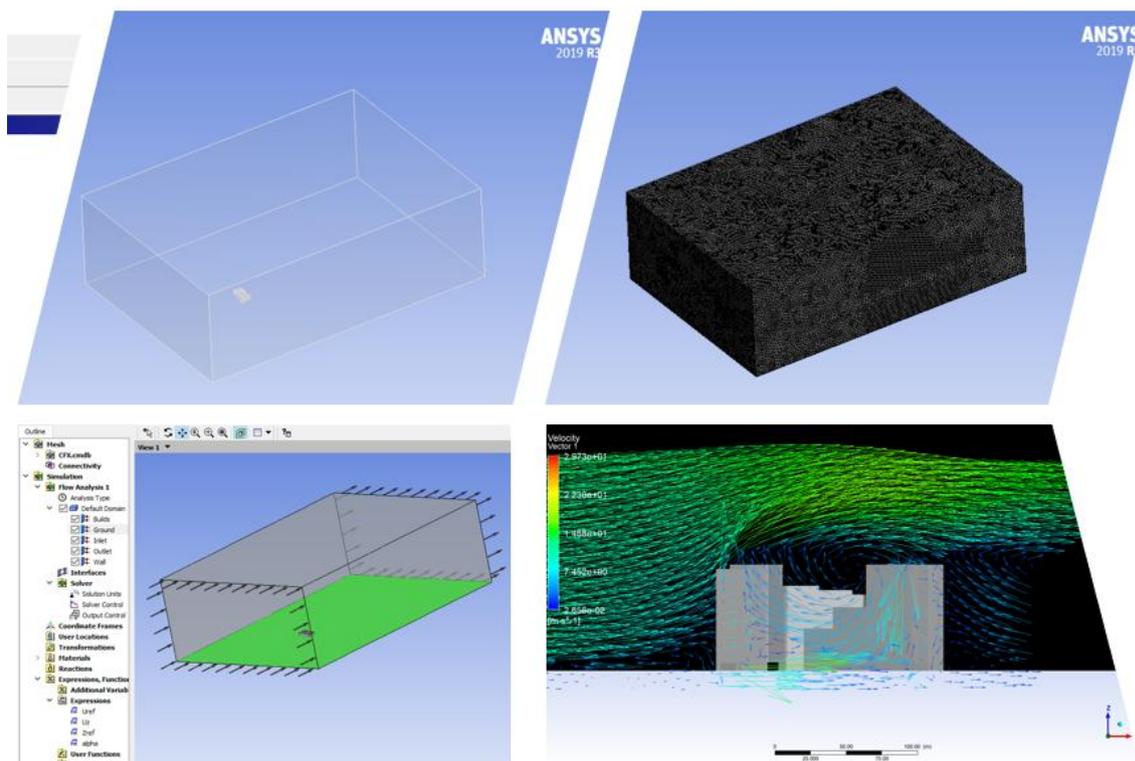


Рис. 3. Порядок расчёта в ПК Ansys CFX

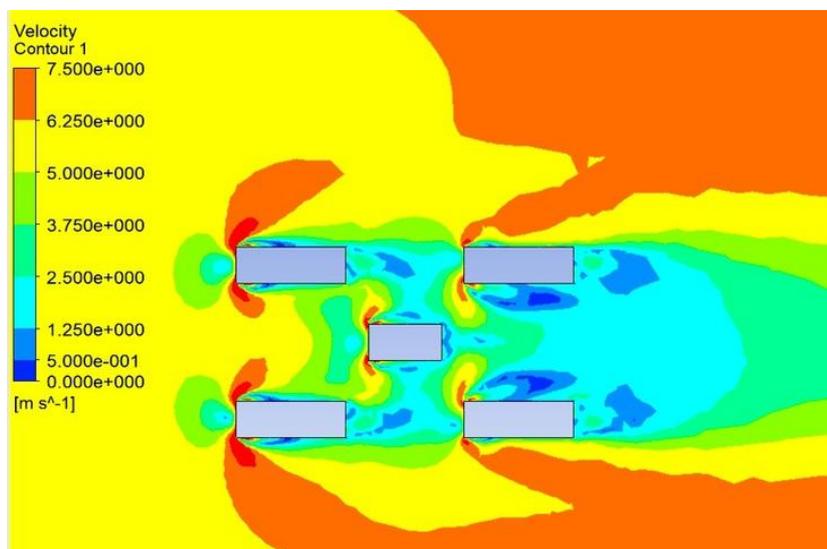


Рис. 4. Поле скоростей ветра для планировки № 1

При этом стоит отметить неблагоприятные моменты: наблюдается усиление скорости ветра ( $K = 0,75-1,25$ ) у наветренного фасада ветрозащитного здания, а также в разрывах между зданиями (красные зоны на рис. 6). Для снижения ветрового напора в данных зонах будет целесообразным использовать древесно-кустарниковые группы или полосы озеленения перед зданием.

## 2. Численное моделирование ветрового воздействия на многоэтажное здание нестандартной конфигурации и оценка ветрового комфорта

### 2.1. Исходные данные

В качестве объекта 2-го этапа исследования был выбран жилой комплекс «Новый Оккервиль», расположенный в Ленинградской области, представляющий собой дом замкнутой конфигурации,

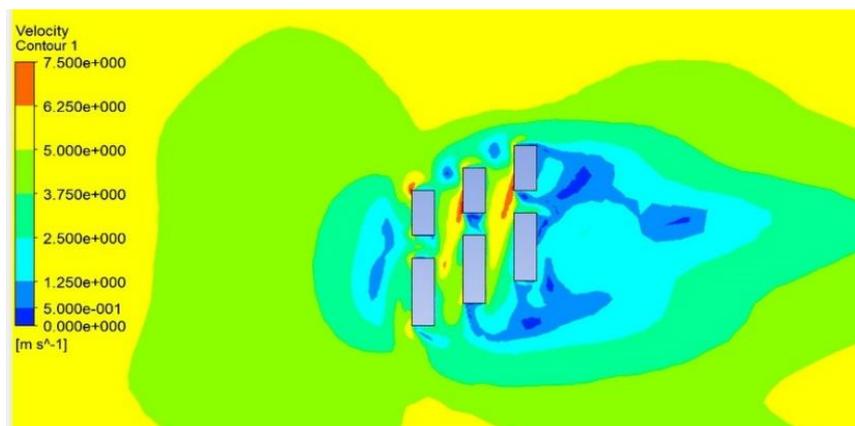


Рис. 5. Поле скоростей ветра для планировки № 2

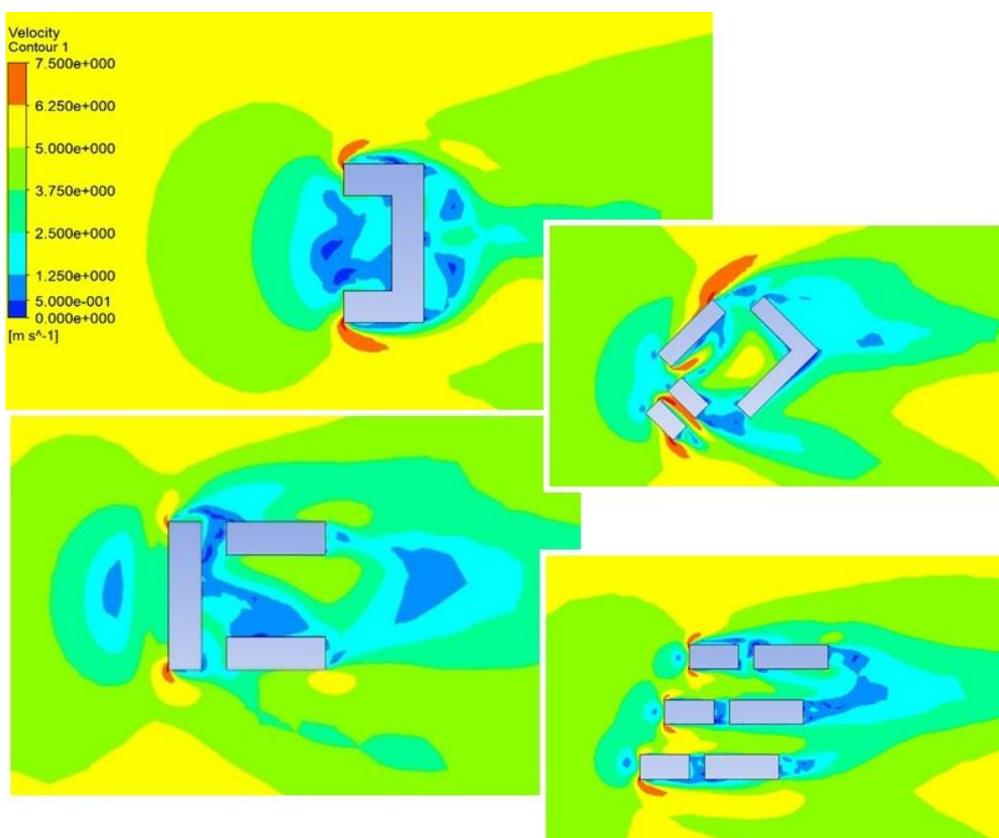


Рис. 6. Поля скоростей ветра для планировок № 3–6

образующей зону «колодца», высотность варьируется от 18 до 25 этажей (рис. 7). Дом включает в себя 35 подъездов, 3708 квартир, построен в виде структуры с двором-лабиринтом, преимущественно представляющим собой парковочную территорию. Расчетное количество жителей ЖК «Нового Оккервиля» – 20 тыс. человек. Застройщиком предоставлены помещения для открытия 2 поликлинических отделений, почтовое отделение, пожарное депо, спортивный центр с бассейном, гипермаркет, супермаркеты, аптеки, рестораны, салоны красоты. Город Кудрово, где расположен жилой комплекс

«Новый Оккервиль», называют «человеиником», ввиду того что там ведется активное строительство жилых комплексов высотой 22–25 этажей (минимум 18 в нескольких блоках гигантского дома), в которых имеются преимущественно студии и однокомнатные квартиры. Учитывая темпы разрастания Кудрово и появление масштабных жилых комплексов, данная территория может послужить в качестве образца для изучения аэрационного режима современных застроек и позволит выявить характерные черты влияния ветра на современные застройки.



Рис. 7. Жилой комплекс «Новый Оккервиль»

## 2.2. Переход от реального объекта к расчётной модели

Важным этапом данной работы являлось получение трёхмерной модели жилого комплекса для последующего импорта в ПК Ansys. Для этой цели был использован CAD Mapper.

CADMapper – это веб-сайт, который может автоматически генерировать трехмерную информацию для более чем 200 городов по всему миру. CADMapper создает 3D-модели, которые можно использовать с AutoCAD, Sketchup, Rhino и Illustrator. Чтобы генерировать информацию о топографии, зданиях и улицах, CADMapper извлекает данные из OpenStreetMap.

Полученная 3D-модель дома в дальнейшем была доработана и упрощена для оптимизации расчётов, а затем импортирована в ПК Ansys, где был произведён расчёт ветрового воздействия на данную планировку (рис. 8).

Расчёт производился методом, описанным выше, аналогично предыдущим планировкам. Для эксперимента было выбрано наиболее повторяемое направление ветра для летнего периода – западное.

## 2.3. Результаты исследования ЖК «Новый Оккервиль»

По результатам расчетов были получены поля скоростей ветра в плане (рис. 9) и в разрезе, что позволило установить качественную и количественную картины обтекания жилой застройки воздушным потоком. На рис. 10 представлена картина распределения поля скоростей ветра в разрезе, проходящем через один из наиболее интересных участков данной застройки – въезд во внутривортовую территорию. Для более детального анализа для данного разреза были экспортированы данные по скорости ветра в уровне 2 м (роста человека) и построен график зависимости коэффициента скорости ветра от расстояния до здания.

Внутривортовая территория жилого объекта сочетает в себе различные скорости ветра в большом диапазоне от 0,5 м/с до 12,5 м/с. Большая территория двора, примыкающая к левой части здания, характеризуется пониженными скоростями ветра:  $v = 0,5-3,75$  м/с, территория двора, примыкающая к правой части здания, имеет повышенные скорости ветра,  $v = 6,25-8,75$  м/с. Пиковые скорости ветра ( $v = 12,5$  м/с) находятся на выходе из



Рис. 8. CADMapper: а – модель местности на плане, б – трёхмерная модель местности

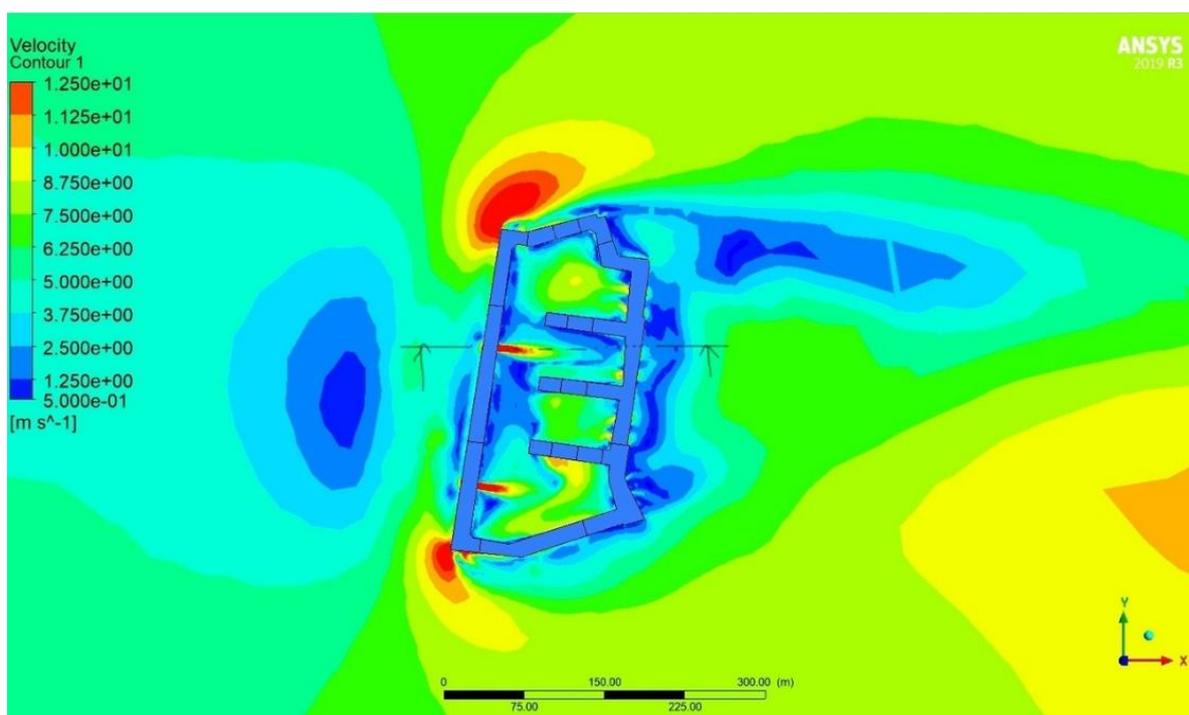


Рис. 9. Поле скоростей ветра

арок, обеспечивающих доступ людей и транспорта на внутридомовую территорию.

Средний коэффициент скорости ветра  $K = 0,86$ , вычисленный на основании поля скоростей, означает, что пребывание человека во дворе не принесет ему дискомфорта. Однако ярко выражены зоны застоя воздуха, где возможно скапливание снега, пыли, мусора, а также накопление выхлопных газов множества автомобилей, располо-

женных на парковочных местах. Проблемой может стать не только накопление вредных газов, но и их подъем вместе с нагретым воздухом и дальнейшее проникновение в квартиры в результате естественного проветривания.

Касательно территории, окружающей жилой комплекс снаружи, выделяются значительные зоны повышенных скоростей ветра:  $v = 8,75-12,5$  м/с. Это является следствием срыва воздуха с западного

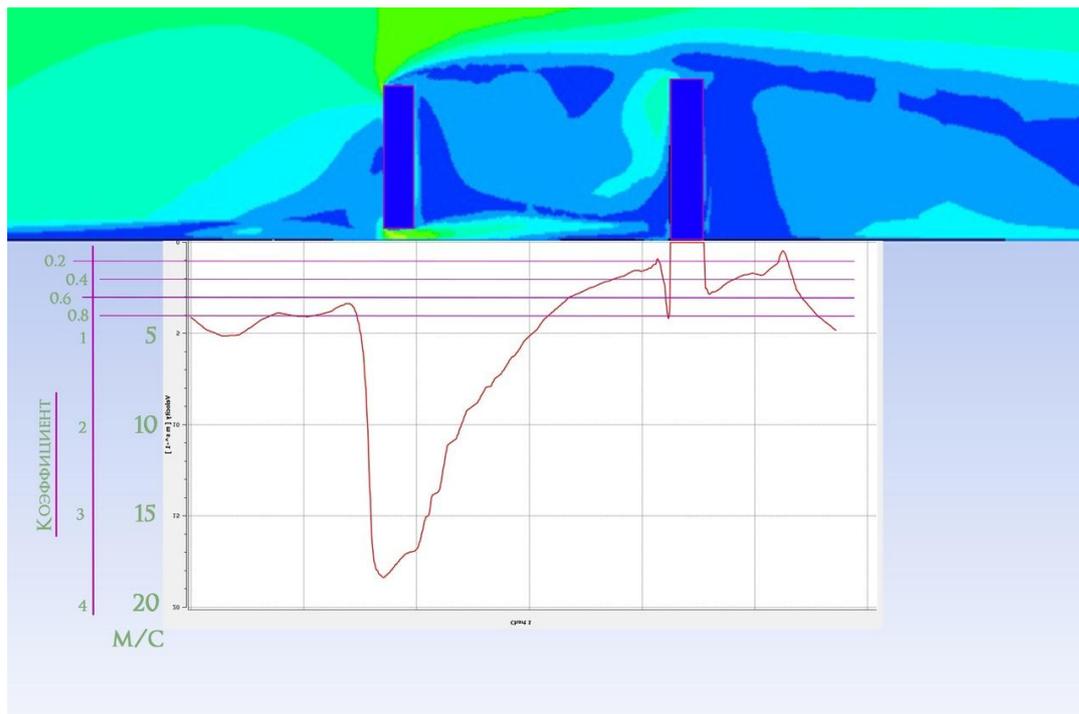


Рис. 10. График зависимости коэффициента скорости ветра от расстояния до здания

фасада. Также характерными являются зона пониженных скоростей ветра перед западным фасадом и зона, расположенная с подветренной стороны верхней части комплекса,  $v = 1,25-3,75$  м/с.

#### Выводы

Ветер – природное явление, способное вызвать дискомфорт и существенно повлиять на эксплуатацию придомовой территории. Различные формы зданий и их композиции способны кардинально поменять аэродинамический режим территории и, как следствие, обеспечить комфорт человека в случае грамотного проектирования или привести к дискомфорту при игнорировании воздействия ветра.

Задача проектировщика на стадии разработки проекта – выявить места, где воздушные течения могут вызвать дискомфортные условия, и применить требуемые проектные решения.

Таким образом, исследование ветрового режима современных застроек и применение опыта прошлых поколений проектировщиков являются обязательным условием для осуществления грамотного градостроительства и создания комфорта жизнедеятельности человека.

#### Литература

1. Gandemer, J. Wind environment around buildings: aerodynamic concepts / J. Gandemer // *Proceedings, 4. International Conference on wind effects on buildings and structures*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1977. – P. 423–432.

2. Семашко, К.И. Ветер как градостроительный фактор / К.И. Семашко, Г.Н. Левченко, С.Д. Соколов // *Оздоровление окружающей среды городов: сб. науч. тр.* – М.: Стройиздат, 1973. – С. 82–99.

3. Лифанов, И.К. Моделирование аэрации в городе / И.К. Лифанов, В.А. Гутников, А.С. Скотченко. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 134 с.

4. Поддаева, О.И. Влияние пространственной организации реконструируемой жилой застройки на ветроэнергетический потенциал среды / О.И. Поддаева, И.В. Дуничкин, Т.В. Прохорова // *Вестник МГСУ*. – 2013. – № 2. – С. 157–165.

5. Попова, И.В. Оценка комфортности ветрового режима участка жилой застройки повышенной этажности / И.В. Попова // *Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура*. – 2018. – № 3(6). – С. 57–64.

6. Еремеев, Д.Г. Определение ветрового комфорта для жилой застройки на примере Новосибирска / Д.Г. Еремеев, Г.Н. Туманик // *Творчество и современность*. – 2018. – № 4(8). – С. 82–90.

7. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки / ЦНИИП градостроительства. – М.: Стройиздат, 1986. – 59 с.

8. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*/ Гострой России. – М.: ГУП ЦПП, 2016.

9. Серебровский, Ф.Л. Аэрация населенных мест / Ф.Л. Серебровский. – М.: Стройиздат, 1985. – 172 с.

10. Реттер, Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э.И. Реттер. – М.: Стройиздат, 1984. – 294 с.

11. Математическое моделирование аэродинамики городской застройки / В.А. Гутников, В.Ю. Кирякин, И.К. Лифанов, А.Н. Сетуха. – М.: Изд-во «Пасъва», 2002. – 244 с.

12. Грибач, Ю.С. Расчетные исследования ветрового воздействия при выполнении анализа аэрационного режима территории жилой застройки / Ю.С. Грибач, К.А. Модестов, Л.В. Лескова // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 8(1008). – С. 50–51.

13. Оленьков, В.Д. Компьютерное моделирование аэрационного режима жилой застройки с целью проветривания и ветрозащиты / В.Д. Оленьков, А.О. Колмогорова, А.Е. Сапогова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 5–12.

14. Оленьков, В.Д. Учет ветрового режима городской застройки при градостроительном планировании с использованием технологий компьютерного моделирования / В.Д. Оленьков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 21–27. DOI: 10.14529/build170403.

15. Blocken, B. CFD evaluation of wind speed conditions in passages between parallel buildings – Effect of wall-function roughness modifications for the atmospheric boundary layer flow / B. Blocken, J. Carmeliet, T. Stathopoulos // J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. – 2007. – Vol. 95. – P. 941–962.

16. A review on the CFD analysis of urban microclimate / Y. Toparlar, B. Blocken, B. Maiheu, G.J.F. Van Heijst // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2017. – Vol. 80. – P. 1613–1640.

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

**Колмогорова Алена Олеговна**, аспирант кафедры «Строительное производство и теория сооружений», старший преподаватель кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы» Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), kolmogorovaao@susu.ru.

**Баракوف Ильсур Ильдусович**, студент кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), ilsur.barakov@gmail.com.

**Белов Михаил Андреевич**, студент кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), asha74mixail@gmail.com.

**Хакимов Владислав Юрьевич**, студент кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), vladislav.khakimov@gmail.com

Поступила в редакцию 28 июня 2022 г.

DOI: 10.14529/build220302

## SPECIFICS OF THE WIND REGIME IN THE DESIGN OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT FOR VENTILATION AND WIND PROTECTION

*V.D. Olenkov, olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru*

*A.O. Kolmogorova, kolmogorovaao@susu.ru*

*I.I. Barakov, ilsur.barakov@gmail.com*

*M.A. Belov, asha74mixail@gmail.com*

*V.Y. Khakimov, vladislav.khakimov@gmail.com*

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

Wind is one of the most important climatic factors which imposes certain restrictions when designing residential buildings. The purpose of the study is to determine the characteristics of the impact of wind flow on groupings of residential buildings of various configurations proposed in Soviet times for the purpose of ventilation and wind protection. Another example studied was that of a modern urban development – or a “multimillion anthill”, including high-rise buildings of non-standard configuration, creating a “well” zone. The study shows the wind regime of residential building layouts for the purpose of wind protection and ventilation. The transition from a real object to a calculated model was performed. The calculation was carried out using the Ansys CFX software package. Based on the work done, recommendations for buildings are proposed.

*Keywords: wind comfort, residential development, CFD modeling, Ansys CFX.*

## References

1. Gandemer J. [Wind Environment Around Buildings: Aerodynamic Concepts]. *Proceedings, 4. International Conference on wind effects on buildings and structures*. Cambridge, Cambridge University Press Publ., 1977, pp. 423–432.
2. Semashko K.I., Levchenko G.N., Sokolov S.D. [Wind as an Urban Factor]. *Ozдорovleniye okruzhayushchey sredy gorodov: sb. nauch. tr.* [Improving the Urban Environment: Collection of Scientific Works]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1973, pp. 82–99. (in Russ.)
3. Lifanov I.K., Gutnikov V.A., Skotchenko A.S. *Modelirovaniye aeratsii v gorode* [Modeling of Aeration in the City]. Moscow, Dialog-MGU Publ., 1998. 134 p.
4. Podayeva O.I., Dunichkin I.V., Prokhorova T.V. [Effect of Spatial Organization Patterns of Restructured Residential Housing Areas on the Wind Energy Potential of the Environment]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2013, no. 2, pp. 157–165. (in Russ.)
5. Popova I.V. [Evaluation of Wind Conditions Comfort in High-Rise Residential Development]. *Zhilishchnoye khozyaystvo i kommunal'naya infrastruktura* [Housing and Utilities Infrastructure], 2018, no. 3(6), pp. 57–64. (in Russ.)
6. Eremeyev D.G., Tumanik G.N. [Determination of Wind Comfort for Residential Buildings, on the Example of Novosibirsk] *Tvorchestvo i sovremennost'* [Creativity and Modernity], 2018, no. 4(8), pp. 82–90. (in Russ.)
7. *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.
8. *SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.01.07-85\**. *Gosstroy Rossii* [Set of rules 20.13330.2016. Load and Impact. Updated Edition of SNIp 2.01.07-85 \*]. Moscow, GUP TsPP Publ., 2016.
9. Serebrovskiy F.L. *Aeratsiya naseleennykh mest* [Aeration of Residential Area]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1985. 172 p.
10. Retter E.I. *Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika* [Architectural and Construction Aerodynamics]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984. 294 p.
11. Gutnikov V.A., Kiryakin V.Yu., Lifanov I.K., Setukha A.N. *Matematicheskoye modelirovaniye aerodinamiki gorodskoy zastroyki* [Mathematical Modeling of Urban Aerodynamics]. Moscow, Pas'va Publ., 2002. 244 p.
12. Gribach Yu.S., Modestov K.A., Leskova L.V. [Computational Studies of Wind Effects in the Analysis of the Aeration Regime in Residential Areas]. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki* [BST: Bulletin of Construction Equipment], 2018, no. 8(1008), pp. 50–51. (in Russ.)
13. 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, vol. 21, no. 1, pp. 5–12. (in Russ.) DOI: 10.14529/build210101
14. Olenkov V.D. [Accounting for the Wind Regime of Urban Development in Urban Planning Using Computer Simulation Technology]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 21–27. (in Russ.) DOI: 10.14529/build170403
15. Blocken B., Carmeliet J., Stathopoulos T. [CFD Evaluation of Wind Speed Conditions in Passages between Parallel Buildings – Effect of Wall-Function Roughness Modifications for the Atmospheric Boundary Layer Flow]. *Engineering Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 2007, no. 95, pp. 941–962. DOI: 10.1016/J.JWEIA.2007.01.013
16. Toparlar Y., Blocken B., Maiheu B., Van Heijst G.J.F. [A Review on the CFD Analysis of Urban Microclimate]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2017, no. 80, pp. 1613–1640. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.248

Received 28 June 2022

## ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

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

## FOR CITATION

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, vol. 22, no. 3, pp. 14–23. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220302