

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND ENGINEERING STRUCTURES



УДК 624.042.41

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-23-31>

Оригинальное эмпирическое исследование

Современные подходы к исследованию аэродинамической устойчивости зданий сложной криволинейной формы

М.И. Телемаков , Н.А. Бузало 

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова,
г. Новочеркасск, Российская Федерация

✉ makstелемаков@gmail.com



EDN: TKIRJA

Аннотация

Введение. Современная архитектура характеризуется активным использованием зданий сложной криволинейной формы, обладающих высокой выразительностью, но требующих решения новых инженерных задач, связанных с обеспечением их аэродинамической устойчивости. Нормативные методы расчёта ветровых нагрузок ориентированы преимущественно на здания простой геометрической формы и не учитывают особенностей обтекания свободных оболочек. Это обуславливает необходимость систематизации современных подходов к анализу ветрового воздействия на подобные сооружения. Целью настоящего исследования является обобщение и сравнение нормативных, экспериментальных и численных методов оценки аэродинамической устойчивости зданий сложной формы.

Материалы и методы. Объектом исследования является здание с биоморфной трёхлучевой структурой, характеризующееся плавными очертаниями и сложной пространственной топологией. Для анализа аэродинамических характеристик выполнено численное моделирование ветрового потока с применением программы RWIND Simulation. Исследование выполнено с целью определения особенностей обтекания и распределения аэродинамических нагрузок на поверхность здания сложной формы.

Результаты исследования. В результате выполненных расчетов получены распределения давления, скоростей и коэффициентов давления по поверхности здания. Выявлены зоны локального повышения и разрежения давления в областях сопряжения объёмов и углублений кровли. Установлено, что криволинейная форма здания способствует снижению интегрального аэродинамического сопротивления, однако вызывает образование локальных вихревых структур, которые необходимо учитывать при проектировании фасадных и кровельных систем.

Обсуждение и заключение. Полученные результаты подтверждают эффективность применения методов вычислительной гидродинамики (CFD — Computational Fluid Dynamics) для анализа аэродинамических свойств зданий сложной формы. Комплексное использование нормативных, экспериментальных и численных подходов обеспечивает более точную оценку ветровых воздействий и способствует формированию современной методологии проектирования аэродинамически устойчивых архитектурных сооружений.

Ключевые слова: аэродинамическая устойчивость зданий, ветровое воздействие, здания сложной геометрии, криволинейные оболочки, вычислительная гидродинамика, численное моделирование, аэродинамическое давление, вихревые структуры обтекания, ветровые нагрузки на сооружения

Для цитирования. Телемаков М.И., Бузало Н.А. Современные подходы к исследованию аэродинамической устойчивости зданий сложной криволинейной формы. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2026;5(1):23–31. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-23-31>

Modern Approaches to Studying the Aerodynamic Stability of Complex Curvilinear Buildings

Maxim I. Telemakov  , Nina A. Buzalo 

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

 makstelemakov@gmail.com

Abstract

Introduction. Modern architecture is characterized by the extensive use of buildings with complex curvilinear forms that are high expressive yet require tackling new engineering challenges associated with ensuring their aerodynamic stability. Normative methods for calculating wind loads are largely focused on buildings with a simple geometric shape and fail to account for the flow characteristics of free-form shells. This highlights the need to systematize modern approaches to analyzing wind effects on such structures. The aim of the study is to summarize and compare normative, experimental, and numerical methods for assessing the aerodynamic stability of complex-shaped buildings.

Materials and Methods. The object of the study is a building with a biomorphic three-beam structure characterized by smooth contours and a complex spatial topology. In order to analyze its aerodynamic characteristics, numerical simulation of wind flow was performed using the RWIND Simulation software. The study was conducted in order to identify the flow characteristics and distribution of aerodynamic loads on the surface of a complex-shaped building.

Research Results. As a result of the calculations, distributions of the pressure, velocity, and pressure coefficients over a building surface were obtained. Zones of a local pressure increase and dilution were identified in the areas of volume junctions and roof recesses. It was found that the curvilinear form of a building contributes to a reduction in the overall aerodynamic drag; however, it also induces the formation of local vortex structures, which is to be considered in designing façade and roofing systems.

Discussion and Conclusion. The results confirm the effectiveness of applying Computational Fluid Dynamics (CFD) methods for analyzing the aerodynamic properties of complex-shaped buildings. The integrated use of normative, experimental, and numerical approaches ensures a more accurate assessment of wind effects and contributes to developing a cutting-edge methodology for designing aerodynamically stable architectural structures.

Keywords: aerodynamic stability of buildings, wind effects, complex-shaped buildings, curvilinear shells, computational fluid dynamics, numerical simulation, aerodynamic pressure, vortex flow structures, wind loads on structures

For citation. Telemakov MI, Buzalo NA Modern Approaches to Studying Aerodynamic Stability of Complex Curvilinear Buildings. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2026;5(1):23–31. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-23-31>

Введение. Архитектура XXI века характеризуется стремительным ростом числа зданий и сооружений сложной криволинейной формы. Современные технологии проектирования, моделирования и строительства, наряду с использованием новых композиционных материалов и систем ограждающих конструкций, позволяют реализовывать архитектурные замыслы, ранее считавшиеся утопическими. Развитие интереса к криволинейным архитектурным структурам отражает продолжение тенденций, сформировавшихся ещё в конце XX века, когда пластичные и биоморфные формы начали рассматриваться как средство объединения эстетики, функциональности и инженерной рациональности [1]. В крупнейших мегаполисах мира появляются концертные залы с оболочковыми покрытиями, музеи с асимметричными объёмами, спортивные арены с купольными и комбинированными кровлями, а также высотные комплексы, фасады которых содержат изгибы, скрученные и торсионные элементы. Подобные сооружения формируют современный архитектурный облик городов, становятся визуальными доминантами и символами культурной идентичности регионов.

Рост доли зданий с нестандартной геометрией сопровождается новыми инженерными вызовами. Одним из ключевых факторов, определяющих безопасность, эксплуатационную надёжность и долговечность подобных сооружений, является их аэродинамическая устойчивость при воздействии ветровых нагрузок [2]. В отличие от традиционных прямолинейных или цилиндрических форм, криволинейные конструкции создают сложную структуру обтекания воздушного потока, сопровождаемую интенсивным вихреобразованием, локальными зонами отрыва и концентрацией давлений [3]. Эти явления приводят к неравномерному распределению нагрузок по поверхности, усиливают колебательные процессы и в отдельных случаях могут вызывать резонансные эффекты. Кроме того, локальные зоны повышенного давления способны вызывать повреждения фасадных систем,

светопрозрачных конструкций и элементов кровельных покрытий. В условиях плотной городской застройки взаимодействие между соседними зданиями дополнительно усложняет аэродинамическую картину, усиливая локальные вихревые зоны и повышая давление на ограждающие конструкции [4].

Проблема адекватной оценки ветрового воздействия на здания сложной формы носит комплексный характер. В инженерной практике по-прежнему преобладают нормативные методы, закреплённые в национальных и международных стандартах. В России основными документами являются СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» и СП 267.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила проектирования на ветровые воздействия», регламентирующие методы определения расчётного давления ветра, коэффициентов аэродинамического сопротивления и динамических характеристик. За рубежом аналогичные положения содержатся в Eurocode EN 1991-1-4, ASCE 7-22, AIJ Recommendations for Loads on Buildings (Япония) и GB 50009-2012 (Китай). Эти документы задают базовые принципы расчёта ветровых нагрузок, однако их применение к объектам со сложной геометрией ограничено, поскольку расчётные зависимости разработаны для тел простой формы — призматических, цилиндрических и купольных.

Параллельно активно развиваются экспериментальные и численные методы исследования ветровых воздействий. Аэродинамические испытания в ветровых трубах обеспечивают высокую точность и позволяют выявлять локальные зоны концентрации давлений, отрыва потока и формирования турбулентных структур. Натурные измерения на реальных сооружениях дают представление о фактическом поведении зданий в условиях естественного ветра, однако требуют значительных финансовых и временных ресурсов.

Численные методы, основанные на решении уравнений Навье–Стокса, получили развитие в рамках подхода CFD. Этот подход предусматривает дискретизацию расчётной области и численное решение уравнений движения и сохранения массы для исследуемого потока. Применение CFD позволяет анализировать нестационарные трёхмерные аэродинамические процессы вокруг объектов практически любой конфигурации и получать детализированные поля скоростей, давлений и вихревых структур. Точность таких расчётов во многом определяется выбором турбулентной модели (RANS — Reynolds-Averaged Navier-Stokes, LES — Large Eddy Simulation и гибридные DES — Detached Eddy Simulation) [5, 6], корректностью постановки граничных условий и степенью детализации расчётной сетки.

Таким образом, современное состояние исследований в области аэродинамической устойчивости зданий сложной геометрии характеризуется многообразием подходов, но отсутствием унифицированной методологии, обеспечивающей как точность расчётов, так и их практическую применимость. Это подчёркивает необходимость комплексного анализа архитектурно-строительной аэродинамики, рассматривающей взаимосвязь формы, структуры и потоков воздуха [7]. Возникает потребность в систематизации существующих методов, сопоставлении их возможностей и ограничений, а также в разработке стратегии дальнейшего развития данной научно-технической области.

Цель настоящей работы — комплексный анализ современных подходов к исследованию ветрового воздействия на здания сложной криволинейной формы. В статье рассматриваются положения нормативной базы, экспериментальные методики аэродинамических испытаний и современные технологии CFD-моделирования. Особое внимание уделено сравнительной оценке точности, вычислительной эффективности и интеграции указанных методов в рамках единой методологической системы.

Материалы и методы. Исследование аэродинамической устойчивости зданий сложной криволинейной формы основано на анализе трёх основных групп методов: нормативных, экспериментальных и численных (CFD). Такое деление отражает современное состояние инженерной практики и позволяет сопоставить их точность, область применимости и ограничения.

Нормативные методы расчёта ветрового воздействия базируются на обобщении статистических данных многолетних метеорологических наблюдений и результатах аэродинамических экспериментов, выполненных для типовых геометрий зданий. В отечественной практике расчёты регламентируются документом СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», в котором расчётная скорость ветра и давление определяются с учётом ветрового района, категории местности и высоты сооружения. Современные исследования показывают, что существующие нормативные зависимости, разработанные преимущественно для зданий простой формы, демонстрируют ограниченную применимость при анализе объектов со сложной или криволинейной геометрией, что приводит к снижению точности расчётов аэродинамических нагрузок [8].

Экспериментальные методы включают аэродинамические испытания в ветровых трубах и натурные измерения, позволяющие получать распределения давления и скоростей вдоль поверхности моделей зданий [2, 9]. В современных исследованиях применяются высокочувствительные датчики давления, а также методы визуализации потока, такие как PIV (Particle Image Velocimetry) и цифровая анемометрия. Использование масштабных моделей фрагментов городской застройки повышает реалистичность получаемых данных, что особенно важно для зданий, расположенных в плотной градостроительной среде [10]. При всей высокой точности такие испытания

требуют значительных материальных и временных затрат, а их результаты зачастую ограничены конкретными сценариями обтекания. Поэтому экспериментальные методы преимущественно применяются для верификации численных моделей и уточнения параметров турбулентности.

Численные методы (CFD) представляют собой универсальный инструмент анализа ветровых воздействий на здания сложной формы. Они позволяют исследовать трёхмерные нестационарные потоки и оценивать влияние формы, угла атаки и шероховатости поверхности на аэродинамические характеристики [11]. В рамках настоящего исследования расчётная модель здания была создана в среде Rhinoceros 3D и экспортирована в программный комплекс RWIND Simulation, реализующий метод конечно-объёмного решения уравнений Навье-Стокса в стационарной постановке с использованием турбулентной модели $k-\omega$ SST [12, 13]. Программа автоматически формирует адаптивную конечно-объёмную сетку, сгущаемую в зонах повышенной кривизны и ожидаемого отрыва потока. В зависимости от поставленных задач могут использоваться различные турбулентные модели — RANS, LES и гибридные DES [5, 6, 14]. CFD-анализ обеспечивает получение детализированных полей давления, скоростей и турбулентной энергии, визуализацию вихревых структур и определение аэродинамических коэффициентов. Особое внимание уделяется качеству расчётной сетки и корректности постановки граничных условий, от которых зависит достоверность получаемых результатов [15].

Комплексное применение нормативных, экспериментальных и численных подходов обеспечивает всестороннюю оценку аэродинамической устойчивости зданий. Нормативные методы задают исходные расчётные ориентиры, экспериментальные испытания уточняют распределение давления, а CFD-моделирование раскрывает пространственную структуру потока и зоны локальных аэродинамических эффектов. Такой интегрированный подход формирует основу современной методологии анализа и проектирования зданий сложной формы, обеспечивающей их устойчивость, безопасность и долговечность.

Результаты исследования. Объектом численного анализа является здание с плавной криволинейной архитектурной формой без чётко выраженных граней и трёхлучевой структурой, характерной для современных биоморфных форм (рис. 1). В плане здание представляет собой трёхлучевую структуру, образованную тремя взаимосвязанными овальными объёмами, объединёнными в центральной части. Такая геометрия позволяет исследовать особенности взаимодействия потоков в зонах сопряжения объёмов и на участках с переменной кривизной поверхности. Обтекаемый контур здания способствует равномерному перераспределению набегающего воздушного потока и снижению интенсивности локальных вихревых образований.



Рис. 1. Архитектурный рендер исследуемого объекта

Поверхность кровли имеет непрерывную сглаженную геометрию с тремя крупными овальными понижениями, внутри которых размещены остеклённые купольные конструкции. Эти понижения образуют замкнутые контуры, плавно сопрягающиеся с основным телом здания, что позволяет избежать резких перепадов кривизны и минимизировать вероятность возникновения зон локального повышения аэродинамического сопротивления. Визуально форма здания напоминает биоморфную оболочку, органично интегрированную в окружающее пространство и адаптированную к направлению ветрового потока.

Создание цифровой геометрической модели осуществлялось в среде Rhinoceros 3D с использованием NURBS-представления геометрии (рис. 2), что позволило точно воспроизвести криволинейную форму оболочки с кон-

тролируемыми радиусами кривизны и обеспечить высокую степень соответствия между архитектурной концепцией и расчётной моделью [11, 15]. На основе построенной модели выполнена подготовка поверхности для CFD-анализа в программной среде RWIND Simulation [3, 14, 15], где реализованы алгоритмы генерации адаптивной конечно-объёмной сетки и моделирования ветровых потоков вокруг сложных пространственных форм.

Численный анализ аэродинамической устойчивости проводился в RWIND Simulation с использованием метода конечно-объёмного решения уравнений Навье-Стокса в стационарной постановке [3, 11]. В качестве турбулентной модели применялась $k-\omega$ SST [12], обеспечивающая точное описание течения в приграничных слоях и корректное моделирование зон отрыва потока на криволинейных поверхностях [3, 14]. Для расчёта была задана трёхмерная расчётная область, обеспечивающая свободное развитие потока без граничных эффектов. На входе задавался равномерный профиль скорости с максимальным значением 41,2 м/с. Выходная граница определялась условием нулевого градиента давления, верхняя и боковые поверхности — условием свободного скольжения. Поверхность здания принималась шероховатой, что позволило учесть влияние микрорельефа кровли и фасадных элементов.

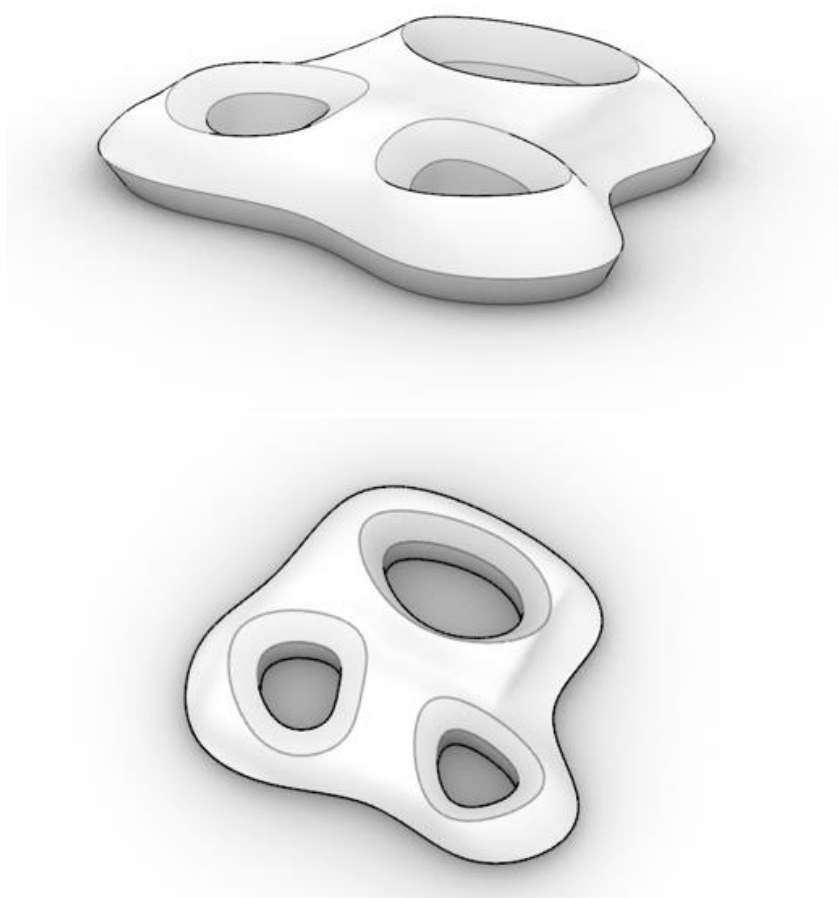


Рис. 2. Цифровая NURBS-модель оболочки

Результаты численного моделирования включают трёхмерные поля статического давления, аэродинамического коэффициента (c), скоростей и траекторий движения воздушного потока. На рис. 3 представлено распределение статического давления по поверхности здания. Максимальные положительные значения, достигающие +574 Па, наблюдаются на наветренных участках оболочки — преимущественно на передних выпуклых зонах и в центральной части, перпендикулярной направлению ветра. В областях между овальными понижениями и в тыловой части конструкции фиксируются отрицательные значения давления до –864 Па, что указывает на образование зон разрежения и локальных вихревых структур.

На рис. 4 показано распределение аэродинамического коэффициента C . Наибольшие значения ($C = 1,02$) приходятся на фронтальные участки кровли, где происходит торможение воздушного потока. Минимальные значения ($C = -1,54$) наблюдаются в понижениях и за тыловыми краями объёмов, где формируются зоны рециркуляции — области обратного движения потока, сопровождающиеся пониженным давлением и вихреобразованием. Анализ данных подтверждает наличие устойчивых вихревых структур в межлепестковых областях, вызывающих пульсации давления и увеличение динамической составляющей ветровой нагрузки [13].

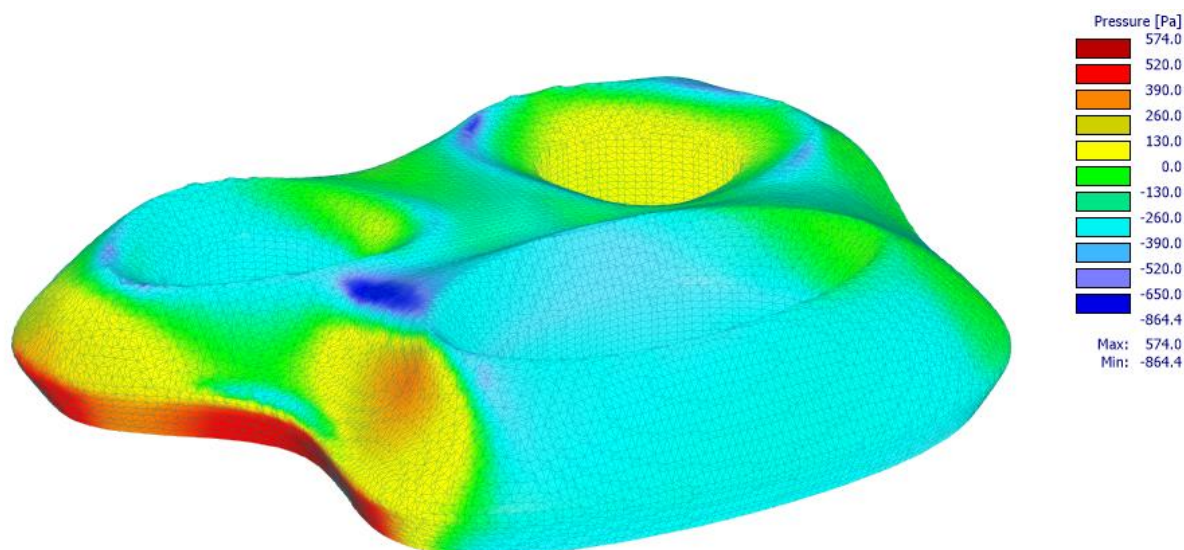
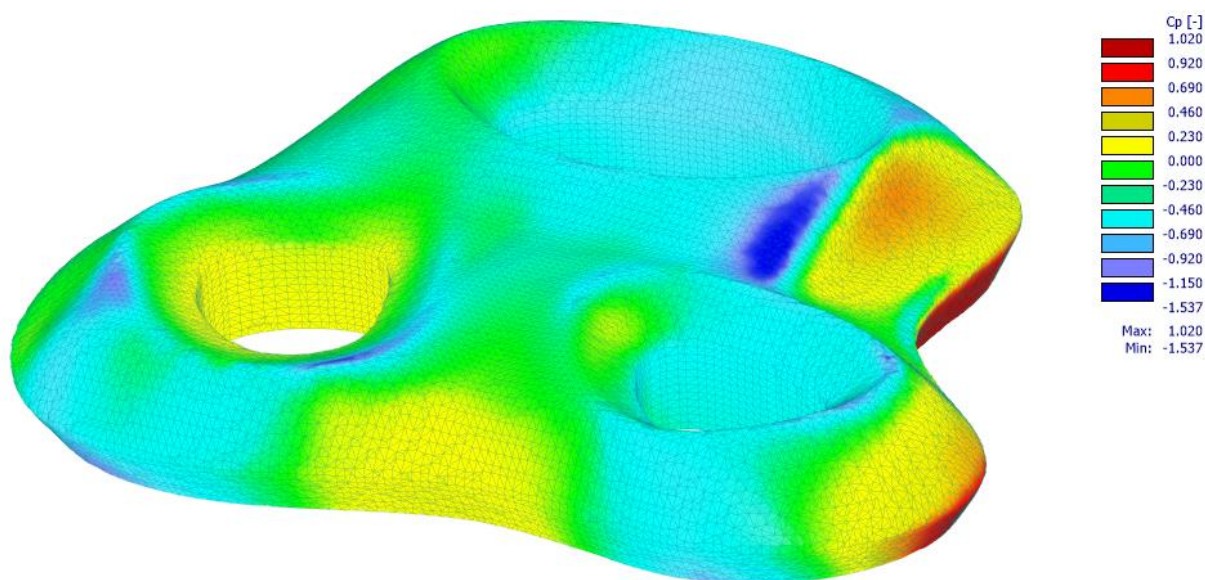


Рис. 3. Статическое давление по поверхности здания

Рис. 4. Распределение коэффициента давления C_p

На рис. 5 представлено распределение скоростей в сечении потока. Вдоль поверхности здания скорость потока снижается до 3–5 м/с в приграничных областях и зонах вихреобразования, тогда как между основными объёмами наблюдается ускорение до 30–35 м/с. Над центральной частью формируется крупномасштабный вихревой след, постепенно затухающий по мере удаления. Такая структура обтекания типична для аэродинамически обтекаемых, но геометрически сложных форм, сочетающих плавные переходы и взаимное влияние сопряжённых элементов оболочки.

Таким образом, численное моделирование подтвердило высокую аэродинамическую эффективность криволинейных архитектурных форм при наличии плавных сопряжений поверхностей. Полученные результаты позволяют количественно оценить распределение ветровых нагрузок и визуализировать структуру потоков, что является важным этапом оптимизации архитектурной оболочки и повышения надёжности конструкций зданий сложной формы.

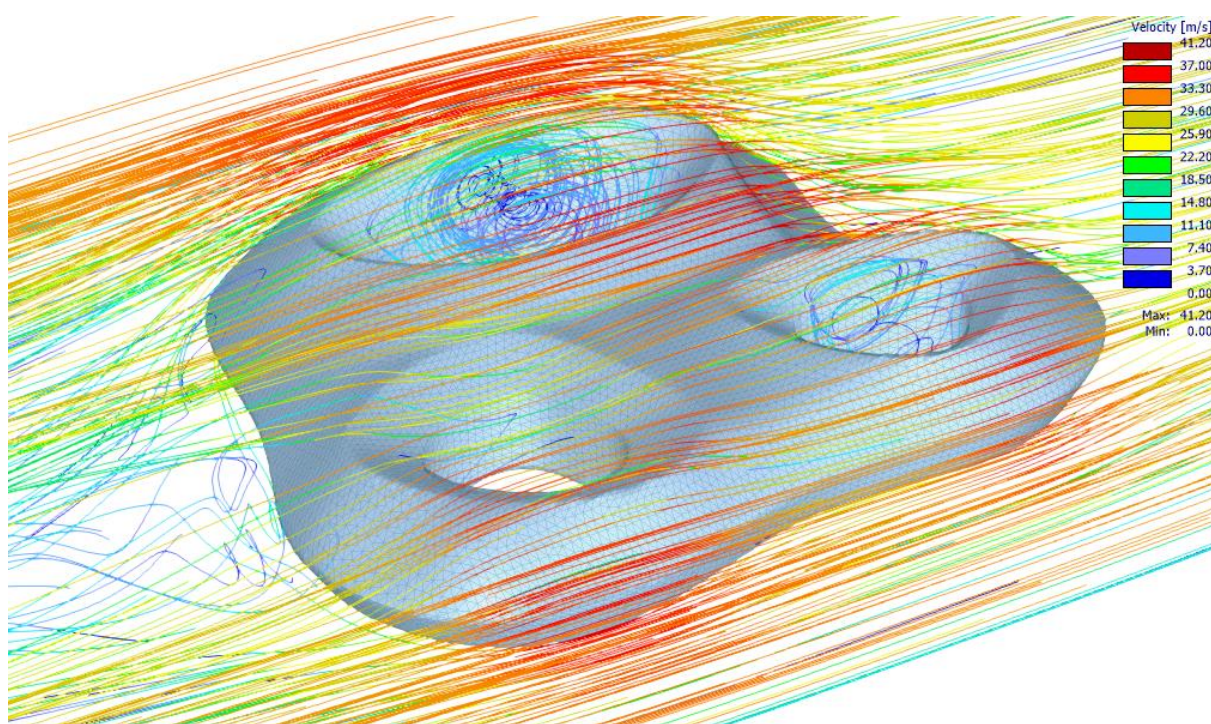


Рис. 5. Распределение скоростей в сечении потока

Обсуждение и заключение. Проведённое исследование показало, что архитектурные объекты с выраженной криволинейной геометрией обладают не только высокой эстетической и функциональной ценностью [1], но и предъявляют повышенные требования к обеспечению аэродинамической устойчивости и точности расчёта ветровых воздействий. Анализ нормативных, экспериментальных и численных подходов подтвердил, что традиционные методы, основанные на упрощённых моделях и усреднённых коэффициентах, оказываются недостаточно точными при расчётах зданий сложной формы. В то же время использование современных средств вычислительной аэродинамики позволяет существенно повысить достоверность прогнозов и детализировать картину обтекания.

На примере исследуемого здания с трёхлучевой оболочкой показано, что сочетание программных сред Rhinoceros 3D и RWIND Simulation обеспечивает возможность комплексного анализа аэродинамических характеристик. Применение турбулентной модели $k-\omega$ SST [12] позволило корректно воспроизвести вихревые структуры и определить распределение давления по поверхности, выявив зоны локальных нагрузок и потенциальной неустойчивости. Полученные результаты согласуются с данными зарубежных исследований [11, 13] и подтверждают эффективность CFD-подхода при анализе зданий со свободной архитектурной пластикой.

Интеграция методов численного анализа формирует современную методологию проектирования зданий сложной геометрии, обеспечивая взаимосвязь между архитектурной концепцией и инженерной надёжностью. Применение CFD-моделирования на ранних стадиях проектирования позволяет выявлять неблагоприятные аэродинамические зоны, оптимизировать геометрию оболочки и предотвращать возникновение резонансных колебаний. Такой подход способствует повышению безопасности, долговечности и энергоэффективности сооружений, а также отвечает принципам устойчивого архитектурного развития.

Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией численных и экспериментальных методов, созданием унифицированных баз данных аэродинамических коэффициентов для типовых геометрий и внедрением цифровых двойников зданий для мониторинга ветровых воздействий в условиях эксплуатации [16]. Кроме того, актуальной задачей остаётся совершенствование национальной нормативной базы, включая СП 20.13330.2016 и СП 267.1325800.2016, с приведением их положений в соответствие с международными стандартами Eurocode EN 1991-1-4, ASCE 7 и AIJ Recommendations.

Реализация указанных направлений позволит сформировать единую комплексную методологию анализа и проектирования, обеспечивающую повышение точности расчётов, эксплуатационной надёжности и устойчивости зданий сложной криволинейной архитектуры.

Список литературы / References

1. Алборова Л.А., Мамиева И.А. Криволинейные формы в архитектуре зданий и сооружений XX века. *Academia. Архитектура и строительство*. 2023;3:154–164. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2023-3-154-164>
- Alborova L, Mamieva I Curvilinear Forms in Architecture of Buildings and Structures Up to the XXI Century. *Academia. Architecture and Construction*. 2023;3:154–164. (In Russ.) <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2023-3-154-164>
2. Rimshin V, Truntov P. Determination of aerodynamic coefficients in the design of buildings. *Modern Problems in Construction*. 2023;372:149–155. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36723-6_16
3. Gan W, Guo H, Zhang H, Zhao F, Li J, Peng S. et al. Wind-driven dynamics around building clusters: impact of convex and concave curvilinear morphologies and central angles. *Atmosphere*. 2024;15(12):1454. <https://doi.org/10.3390/atmos15121454>
4. Самсонов В.Т. Расчёт аэродинамических характеристик смежных зданий. *Строительство и архитектура*. 2020;8(1):67–81. <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2020-8-1-67-81>
- Samsonov VT Calculation of Aerodynamic Characteristics of Adjacent Buildings. *Construction and Architecture*. 2020;8(1):67–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2020-8-1-67-81>
5. Celik I, Rumsey C, Smith R, Ham F, Menter F, Rumsey P. RANS/LES/DES/DNS: the future prospects of turbulence modelling. *ASME Journal of Fluids Engineering*. 2005;127(5):829–830. <https://doi.org/10.1115/1.2033011>
6. Liu C., Liu C., Ma W. Rans, detached Eddy simulation and large Eddy simulation of internal Torque converters flows: A comparative study. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*. 2015;9(1):114–125. <https://doi.org/10.1080/19942060.2015.1004814>
7. Yadav H., Roy A.K. Wind-induced aerodynamic responses of triangular high-rise buildings with varying cross-section areas. *Buildings*. 2024;14(9):2722. <https://doi.org/10.3390/buildings14092722>
8. Cunningham D, Ramponi R, MacReamoinn R, Keenahan J. Modernizing wind load standards for Ireland. *Wind*. 2025;5(4):26. <https://doi.org/10.3390/wind5040026>
9. Verma H, Sonparote RS. Forecasting aerodynamic coefficients of bi-axial symmetric C plan-shaped tall buildings using ANFIS. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2024;28: 2286–2303. <https://doi.org/10.1007/s12205-024-0982-y>
10. Wang Q, Zhang B. Wind-induced responses and wind loads on a super high-rise building with various cross-sections and high side ratio — a case study. *Buildings*. 2023;13(2):485. <https://doi.org/10.3390/buildings13020485>
11. Han W, Kim H, Son E, Lee S. Assessment of yaw-control effects on wind turbine-wake interaction: A coupled unsteady vortex lattice method and curled wake model analysis. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2023;242:105559. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2023.105559>
- 12 Menter FR Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications. *AIAA Journal*. 1994;32(8):1598–1605. <https://doi.org/10.2514/3.12149>
- 13 Lu WT, Phillips BM, Jiang Z Aerodynamic Responses of Tall Buildings with Cross-Section Modification through Additive- and Subtractive-Based Strategies. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2024;250:105762. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105762>
- 14 Su LK, Gu M Research on Wind-Induced Interference Effect of Adjacent Super Tall Buildings Based on Two-Aeroelastic-Model Wind Tunnel Test. *Acta Aerodynamica Sinica*. 2025;1:1–10. (in Chinese) <https://doi.org/10.7638/kqdlxxb-2024.0049>
- 15 Rani N, Pratap A, Ahuja AK Evaluation of Wind Pressure Distribution on Single and Multi-Span Cylindrical Canopy Roofs Using Wind Tunnel Testing. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2024;28(8):3344–3358. <https://doi.org/10.1007/s12205-024-1013-8>
- 16 Jiang Y, Hui Y, Li M, Zhu H, He B Experimental Study on Wind Load Characteristics of Rooftop Canopies of Low and Medium Rise Buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2024;249:105748. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105748>

Об авторах:

Телемаков Максим Игоревич, аспирант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, (346428, Российская Федерация, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), makstелемаков@gmail.com

Бузало Нина Александровна, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры градостроительства, проектирования зданий и сооружений Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, (346428, Российская Федерация, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), [ResearcherID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), [ScopusID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), buzalo_n@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

М.И. Телемаков: формирование основной концепции, цели и задачи исследования, разработка геометрии здания, проведение расчетов, подготовка текста, анализ результатов исследований, визуализация данных, систематизация современных подходов к анализу ветровых воздействий, сравнительный анализ нормативных и численных методов, формирование выводов;

Н.А. Бузало: научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Maxim I. Telemakov, PhD student at Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), (132 Prosveshcheniya Str., Novocherkassk, 346428, Russian Federation), [ORCID](#), makstelemakov@gmail.com

Nina A. Buzalo, Cand.Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Urban Planning, Design of Buildings and Structures at Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), (132 Prosveshcheniya Str., Novocherkassk, 346428, Russian Federation), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), buzalo_n@mail.ru

Claimed contributorship:

MI Telemakov: formation of the basic concept, aims of the study, development of building geometry, calculations, preparation of the manuscript, analysis of the research results, visualization of data, systematization of modern approaches to the analysis of wind impacts, comparative analysis of normative and numerical methods, formation of the conclusions;

NA Buzalo: scientific supervision, analysis of the research results, revision of the manuscript, correction of the conclusions.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 12.11.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 03.12.2025

Принята к публикации / Accepted 17.12.2025

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND ENGINEERING STRUCTURES



УДК 624.011.1

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-32-39>

Протяженные деревянные панели перекрытий и покрытий зданий

Г.Б. Вержбовский  

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 vergen2005@yandex.ru



EDN: RUPNIO

Аннотация

Введение. Развитие строительной отрасли России предполагает как появление новых технологий и материалов, так и использование традиционных методов строительства. Одним из хорошо известных методов в нашей стране является деревянное домостроение. В настоящее время возводятся многоквартирные дома из деревянных CLT-панелей, широко используется клееная древесина, балки из однонаправленного шпона и т.п. Современная архитектура направлена на создание значительных открытых пространств для свободной планировки. В деревянных зданиях не всегда удается организовать подобные пространства из-за ограниченности длин выпускаемых пиломатериалов. В связи с этим актуальными становятся исследования, направленные на создание протяженных панелей из древесины. Целью настоящей работы является разработка новых конструкций деревянных панелей покрытий и перекрытий зданий из стандартных пиломатериалов, фанеры и ориентированностружечных плит с пролетами, превышающими стандартную длину досок, определение пределов несущей способности таких панелей, а также их геометрический расчет.

Материалы и методы. Рассмотрены два типа панелей коробчатого строения, выполненных из деревянных досок, фанеры и/или ориентированностружечных плит. Оценка несущей способности предлагаемых конструкций произведена как при помощи традиционных методов сопротивления материалов, так и на компьютерных моделях.

Результаты исследования. Описана конструкция протяженных панелей, отличающаяся от известных зарубежных аналогов и свободная от присущих последним недостатков. Выполнен геометрический расчет предлагаемых конструкций. Определены рациональные соотношения размеров досок, составляющих панели. Установлены конструктивные ограничения для отдельных элементов изделий. Созданы компьютерные модели панелей, при помощи которых установлены пределы применимости предлагаемых конструкций.

Обсуждение и заключение. В результате проведенных исследований разработаны новые конструкции деревянных панелей перекрытий и покрытий зданий с возможными пролетами, превышающими стандартную длину пиломатериалов и выполненные без использования дорогостоящих материалов. Простота конструкции позволяет организовать выпуск изделий на небольших производствах без сложного и дорогостоящего оборудования. Панели могут применяться для создания протяженных открытых пространств в деревянных зданиях и сооружениях различного назначения.

Ключевые слова: панель, древесина, пиломатериалы, фанера, перекрытие, покрытие, протяженные пролеты

Для цитирования. Вержбовский Г.Б. Протяженные деревянные панели перекрытий и покрытий зданий. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2026;5(1):32–39. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-32-39>