

Исх. №367от 16 февраля 2024 г.
Отзыв на СТО

Директору НТП НИУ «МГСУ»
Кабанцеву О.В.

Генеральному директору
АО «НИЦ СтаДиО»
Белостоцкому А.М.

Уважаемые господа!

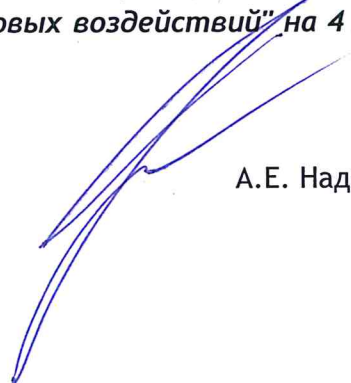
В ответ на ваше обращение направляем отзыв на разработанный НТП НИУ «МГСУ» и АО «НИЦ СтаДиО» Стандарт организации "Численное моделирование ветровых и снеговых воздействий".

Приложения:

1. *Отзыв на разработанный НТП НИУ «МГСУ» и АО «НИЦ СтаДиО» Стандарт организации "Численное моделирование ветровых и снеговых воздействий" на 4 л в 1 экз.*

Заместитель генерального директора по
иностранным проектам и объектам наследия

А.Е. Надеева



ОТЗЫВ НА СТО «ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ И СНЕГОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ»

1. Актуальность разработки документа

Данный стандарт актуален для строительной отрасли, поскольку он расширяет положения СП 20.13330 "Нагрузки и воздействия" в части численного моделирования ветровых и снеговых воздействий. Стандарт охватывает современные методики численного моделирования, необходимые для оценки ветровых и снеговых нагрузок на конструкции, а также аэроупругих эффектов. Это делает его важным инструментом для обеспечения надежности и безопасности зданий и сооружений.

Разработка стандарта обусловлена потребностью в регламентации требований к численному моделированию, учитывая ограничения физического моделирования и возможности численных методов. Процесс интеграции численного моделирования в строительные нормы уже идет во многих развитых странах, что подчеркивает актуальность и важность данного документа в российском современном строительстве.

2. Разделы СТО и степень их научной и практической проработки

Стандарт содержит следующие разделы:

- область применения и нормативные ссылки, устанавливающие основные требования и рекомендации к моделированию;
- термины, определения, обозначения и сокращения, обеспечивающие единообразное понимание терминологии;
- рекомендации по разработке и требования к численным моделям, включая моделирование турбулентных потоков, граничные и начальные условия, детализацию и форму расчетной области;
- методики моделирования ветровых и снеговых нагрузок, а также аэроупругих эффектов, предоставляющие конкретные подходы и алгоритмы для расчетов;
- принципы комплексного моделирования и приложения, включающие верификацию и валидацию численных моделей, рекомендации к расчетам конструкций для задач аэроупругости, классификацию аэроупругих явлений и уравнения гидрогазодинамики.

Разделы стандарта хорошо структурированы и содержат детальные описания методик и требований, что свидетельствует о высокой степени научной и практической проработки документа.

3. Частные замечания / предложения

В пункте 4.1.3.1 указано, что нестационарная постановка не должна использоваться для прямого определения амплитуд колебаний искомых величин или их спектра. При этом, рекомендуемые двухпараметрические комбинированные модели турбулентности так же являются нестационарными. Выявляется логическая нестыковка.

В пункте 4.1.3.3 указано, что недопустимо использовать устаревшую модель DES (Detached Eddy Simulation), но не объясняется, почему эта модель считается устаревшей.

В пункте 4.1.5 упоминается о недопустимости использования двухмерных и квази-двухмерных постановок для окончательного анализа, однако не предоставляется четких критериев, когда именно эти подходы могут быть приемлемыми для предварительного анализа (например, поперечные сечения путепроводов и мостов) .

В пункте 4.1.6 описывается допустимость проводить испытания в уменьшенном масштабе 1:50-1:200, но не указано о необходимости приводить параметры расчетных моделей к выбранному масштабу. Для получения достоверных результатов, параметры потока, такие как скорость и давление, а также параметры моделей турбулентности, должны быть масштабированы соответствующим образом. Это обеспечит адекватное представление физических процессов и корректное воспроизведение аэродинамических характеристик на уменьшенной модели.

В пунктах 4.2.3, 4.2.5, и 4.2.7 установлены минимальные требования к расположению границ расчетной области относительно окружающей застройки и исследуемого объекта. Однако, не указаны критерии для определения оптимальных размеров расчетной области, особенно в случаях сложной геометрии или аэродинамических взаимодействий.

В пункте 4.2.9 требуется, чтобы верхняя сторона расчетной области была размещена на высоте не менее 3Н от верхней отметки самого высокого моделируемого сооружения. Это требование может привести к излишне большим расчетным областям для высотных зданий (200+ метров), увеличивая вычислительные затраты.

В пункте 4.3.5 предложены рекомендации по учету рельефа окружающей местности, но не предоставляются четкие критерии для оценки влияния рельефа на аэродинамику исследуемого объекта. Например, не указано, как определить, является ли вклад рельефа сопоставимым с влиянием окружающей застройки. Указания в пункте 4.3.5.4 не приводят влияния перепада этажа к сопоставимому с влиянием окружающей застройки.

В пункте 4.4.7.1 рекомендуется обеспечить $30 < y^+ \leq 300$ на всех поверхностях для RANS подхода, но не уточняется, как это соотносится с требованиями к

дискретизации пограничного слоя в пункте 4.4.6, где рекомендуется соотношение сторон объемов от 20:1 до 10:1.

В пункте 4.1.4 указано, что при $y^+ > 30$ применяются функции стенки, при $y^+ < 5$ - пристеночная область разрешается напрямую, а значения $5 \leq y^+ \leq 30$ (буферная зона) и $y^+ > 300$ следует избегать. Однако, в пункте 4.4.7.1 рекомендуется обеспечить $30 < y^+ \leq 300$ на всех поверхностях для RANS подхода, что выводит пограничное значение $y^+ = 300$, о котором явно не указано в документе.

В пункте 4.6.1 указано, что решение практических задач строительной аэродинамики допустимо только в специализированных промышленных программных комплексах, таких как ANSYS Fluent, ANSYS CFX, SimScale, STAR-CCM+, OpenFOAM, FlowVision и др. Однако, предоставленный перечень не полный и не включает множество других программных комплексов. В пунктах 4.6.2 и 4.6.3 описаны требования к программному продукту, которые позволяют исключить перечень рекомендованных программных комплексов из пункта 4.6.1.

В пункте 5.1.1 упоминается о численном моделировании скоростей ветра и турбулентных характеристик в приземной зоне с использованием специальных функций стенки. Однако, не указывается, какие именно функции стенки следует использовать и как они должны быть откалиброваны на экспериментальных данных для конкретных типов задач.

В пункте 5.2.1 указано, что численное моделирование ветровых нагрузок на несущие конструкции объекта должно проводиться для представительного набора направлений ветра с шагом не более 30° . Однако, для объектов простой прямоугольной формы направления ветра с шагом 45° являются достаточным (направления перпендикулярно фасаду и под углом 45° к фасаду).

В пункте 7.4.1 необходимо уточнить, как определяется коэффициент k_v , учитывающий эффект захвата собственной частоты колебаний, и какие критерии используются для выбора его значения в диапазоне от 0.9 до 1.1.

В пункте 7.5.1 указано, что оценки по методикам, представленным в 7.2 - 7.4, являются предварительными и для надежного опровержения/подтверждения возможности возникновения опасных аэроупругих явлений необходимо проведение поверочного двухстороннего связанного расчета. Однако, не уточняется, какие критерии следует использовать для оценки надежности результатов такого расчета

В пункте 8.1.6 указано, что в силу различий в методологии и технической реализации методов физического и численного моделирования валидацию численных моделей для снеговых нагрузок проводить не следует. Это утверждение может вызвать вопросы, так как валидация моделей является важным этапом для обеспечения их достоверности. Необходимо уточнить, почему именно для снеговых

нагрузок валидация не рекомендуется и какие альтернативные подходы могут быть использованы для проверки адекватности моделей.

В пункте 8.2.4 следует предоставить рекомендации по анализу и интерпретации случаев, когда результаты численного и физического моделирования ветровых нагрузок значительно отличаются, включая возможные причины таких различий и способы их устранения.

В пункте А.1.4 указано, что наибольшее влияние на численную погрешность оказывают использование итерационных методов, пространственная и временная дискретизация, искусственная вязкость численных схем. Однако, не представлены рекомендации или методики для количественной оценки вклада каждого из этих факторов в общую погрешность расчетов. Было бы полезно включить примеры или руководства по оценке и минимизации этих погрешностей.

В пункте Б.3.1 упоминается, что гармонический анализ не учитывает нелинейные эффекты. Однако, не указывается, какие именно нелинейные эффекты могут быть важными в контексте аэроупругих задач и как их следует учитывать в расчетах.

В приложении В приведена классификация аэроупругих явлений. Однако, не указывается, как определить, к какому типу явления относится конкретная ситуация, и какие методы численного моделирования следует использовать для анализа различных типов явлений.

4. Общие замечания / предложения

Документ должен содержать перекрестные ссылки для облегчения навигации между разделами, формулами, таблицами и библиографией. Это можно достичь путем добавления гиперссылок или кликабельного оглавления, что значительно улучшит пользовательский опыт.

В документе отсутствуют рекомендации по оценке комфорта пешеходных зон, террас и эксплуатируемых кровель. Было бы полезно включить критерии для оценки уровней комфорта ветра в этих областях, чтобы обеспечить безопасность и комфорт пешеходов.

Полезным дополнением стал бы раздел, посвященный анализу влияния неопределенностей входных данных на результаты моделирования, что важно для оценки доверительных интервалов получаемых величин нагрузок.

Рекомендуется дополнительно разработать рекомендации по выбору конкретных моделей турбулентности (например, SST k- ω , GEKO k- ω , WALE) в зависимости.