

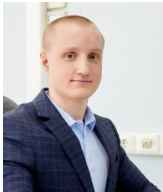
Об утверждении СТО 02066523-089-1-2024 «Численное моделирование ветровых и снеговых воздействий»

Разработчики



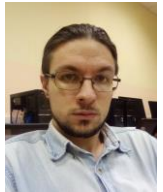
Генеральный директор НИЦ СтаДиО,
Науч. рук. НОЦ КМ им. А.Б. Золотова (НИУ МГСУ)

Белостоцкий Александр Михайлович, д.т.н., проф., акад. РААСН



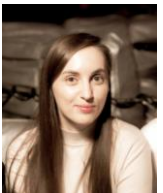
Зам. директора НОЦ КМ им. А.Б. Золотова (НИУ МГСУ),
Ведущий инженер-расчетчик НИЦ СтаДиО

Горячевский Олег Сергеевич



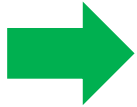
Инженер-расчетчик НИЦ СтаДиО,
Инженер НОЦ КМ им. А.Б. Золотова (НИУ МГСУ)

Бритиков Никита Александрович, к.т.н.

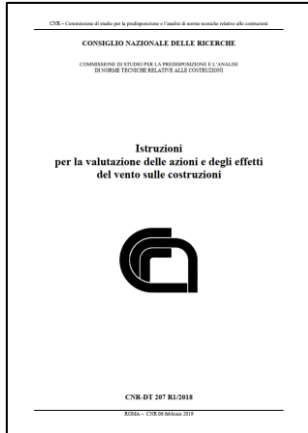


Младший научный сотрудник НОЦ КМ им. А.Б. Золотова (НИУ МГСУ),
Инженер-расчетчик НИЦ СтаДиО,

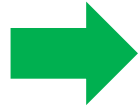
Негрозова Ирина Юрьевна



Нормы Италии
(2018г)



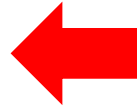
Разрешено использование численного моделирования (CFD), есть соответствующее Приложение



Руководство для г. Лондона (2019г)



Содержит рекомендации по использованию численного, физического, гибридного моделирования в градостроительной политике (формирование комфортной городской среды)

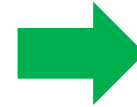


Нормы РФ
(2021г)

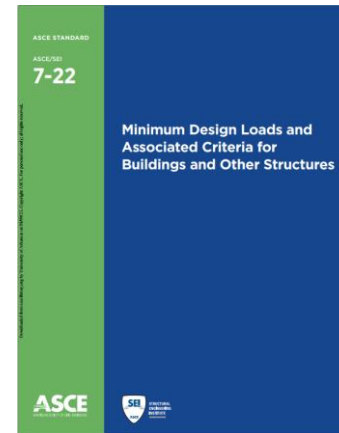


В изм. №3 к СП 20.13330.2016 удалены пункты о возможности применения численного моделирования

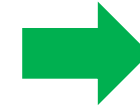
Идем в противоположную от технически развитых стран сторону!



Нормы США
(2022г)



Разрешено использование численного моделирования (CFD) в виде цифровой АДТ при условии валидации



Новое поколение Eurocode (2024г?)



В грядущем новом поколении Еврокодов анонсировано Приложение к Eurocode 1-4 Wind actions, содержащее руководство по применению численного моделирования (CFD)



СП 20.13330.2016 (изм. N2)

11.1.7 Для сооружений повышенного уровня ответственности ..., а также во всех случаях, не предусмотренных В.1 ..., **аэродинамические коэффициенты** устанавливаются в рекомендациях, разработанных с учетом 4.7 на основе результатов:

- 1) **физического (экспериментального) моделирования** – испытаний в аэродинамических трубах ...
- 2) **математического (численного) моделирования** ветровой аэродинамики на основе численных схем решения трехмерных уравнений движения жидкости и газа с адекватными моделями турбулентности, реализованных в современных верифицированных лицензионных программных комплексах вычислительной гидрогазодинамики.

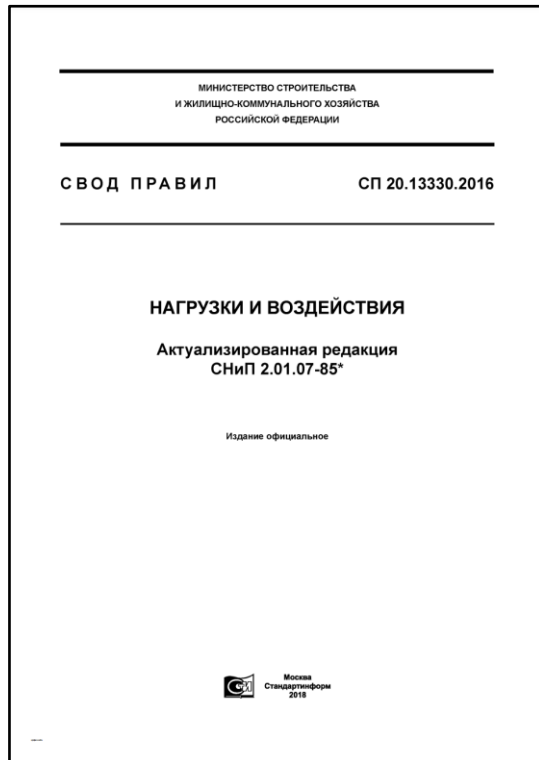
11.2 **Аэродинамические коэффициенты** c_{p+} и c_{p-} определяются **на основе модельных испытаний сооружений в аэродинамических трубах, численного моделирования** или с учетом данным, опубликованных в технических литературе.

СП 20.13330.2016 (начиная с изм. N3)

10.4 Для зданий и сооружений, имеющих габаритные размеры покрытия, превышающие 100 м в обоих направлениях, за исключением покрытий, указанных на схемах Б.1 и Б.5 приложения Б, а также во всех случаях, не предусмотренных приложением Б ..., **схемы распределения снеговой нагрузки** по покрытиям и значения коэффициента устанавливаются в рекомендациях, разработанных **на основе результатов модельных испытаний в аэродинамических трубах** ... с учетом 4.7 или имеющихся данных.

11.1.7 Для сооружений повышенного уровня ответственности, а также во всех случаях, не предусмотренных В.1 ..., **аэродинамические коэффициенты** устанавливаются с учетом опыта нормирования воздействия ветра **на основе результатов модельных испытаний сооружений в аэродинамических трубах** (см. приложения Ж и И) или опубликованных данных.

11.2 Для отдельно стоящих прямоугольных в плане зданий значения **аэродинамических коэффициентов** и приведены в В.1.17. Во всех остальных случаях коэффициенты и определяются **на основе результатов модельных испытаний сооружений в аэродинамических трубах** или с учетом опубликованных данных.

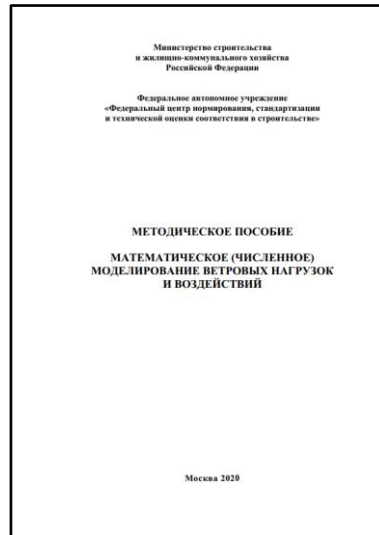


Нормотворчество

2017г.



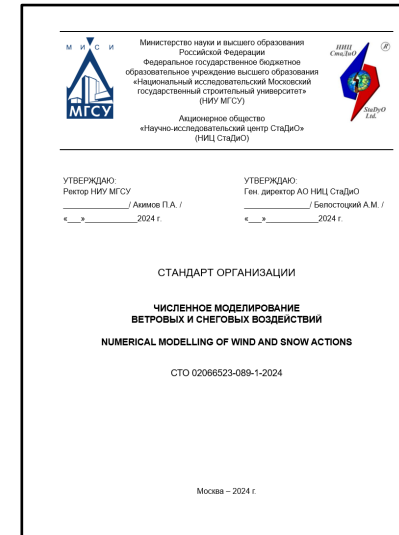
2020г.



2021г.



2024г.



Первая (и пока последняя) в России монография и учебное пособие по вычислительной строительной аэродинамике

Методическое пособие к СП 20.13330.2016 Математическое (численное) моделирование ветровых нагрузок и воздействий (по заказу ФАУ ФЦС)

НИР по теме Математическое (численное) моделирование для определения расчетных снеговых нагрузок на большепролетные сооружения (по заказу ФАУ ФЦС)

СТО «Численное моделирование ветровых и снеговых воздействий



Диссертации

Дубинский С.И., 2010

Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания

Дорошенко А.В., 2013

Методика численного моделирования скоростей ветра и пешеходной комфортности в зонах жилой застройки

Афанасьева И.Н., 2014

Адаптивная методика численного моделирования трехмерных динамических задач строительной аэрогидроупругости

Бритиков Н.А., 2024

Численное моделирование снеговых нагрузок на покрытия большепролетных зданий и сооружений

Горячевский О.С., в процессе

Расчет вантовых светопрозрачных фасадных конструкций с учетом ветровых нагрузок для зданий сложной формы в застройке

Негрозова И.Ю., в процессе

Методика численного моделирования аэродинамической неустойчивости мостовых конструкций

Научно-техническое сопровождение

За 2017-2023 коллектив НИЦ СтаДиО и НОЦ КМ им. А.Б. Золотова выполнили 47 исследований аэродинамики:

- жилых МФК
- офисных МФК
- большепролетных спортивных сооружений
- курортных комплексов
- уникальных культурных объектов
- особо ответственных промышленных сооружений
- сооружений, уязвимых к аэроупругим эффектам



Пресс-релиз работ
за 2017-2023 г.

Решаемые задачи:

- определение ветровых нагрузок на несущие конструкции
- определение пиковых ветровых давлений на ограждающие (фасадные) конструкции
- определение снеговых нагрузок на покрытия
- оценка возможности возникновения аэроупругих явлений
- оценка параметров ветровой комфортности пешеходных зон

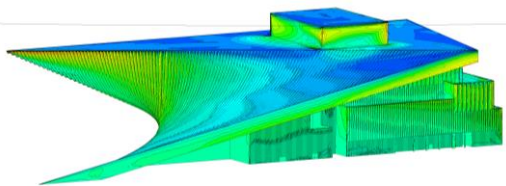
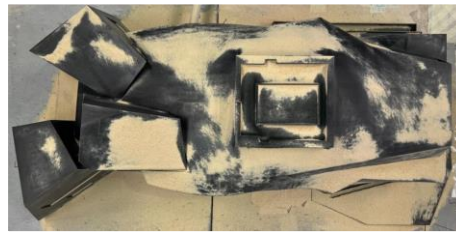
Научно-техническое сопровождение

Наиболее значимые объекты последних лет:

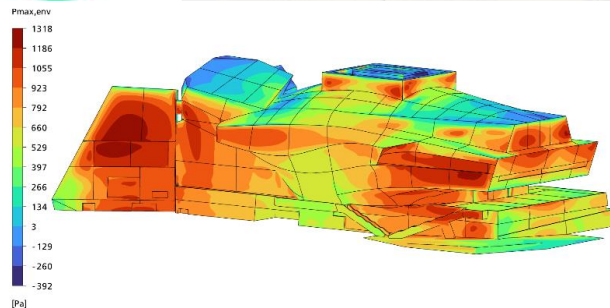
- Сбербанк-Сити (Кутузовский пр., г. Москва)
- Шпиль башни Национального космического центра (г. Москва)
- СКК «Петербургский» (г. Санкт-Петербург)
- Театр оперы и балета (г. Севастополь)
- Театр оперы и балета (г. Калининград)
- Музейный и театральный образовательный комплекс (г. Кемерово)



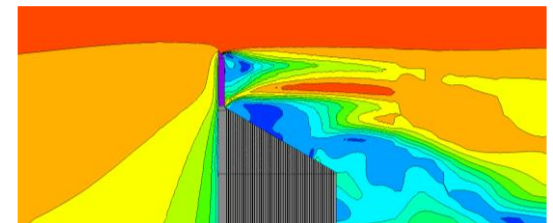
Пресс-релиз работ
за 2017-2023 г.



Калининградский
Театр оперы и балета



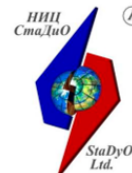
Кемеровский
Музейный и театральный
образовательный комплекс



Шпиль Национально
космического центра



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет»
(НИУ МГСУ)



Акционерное общество
«Научно-исследовательский центр СтаДиО»
(НИЦ СтаДиО)

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор НИУ МГСУ
_____/ Акимов П.А. /
«__» _____ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Ген. директор АО НИЦ СтаДиО
_____/ Белостоцкий А.М. /
«__» _____ 2024 г.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЕТРОВЫХ И СНЕГОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

NUMERICAL MODELLING OF WIND AND SNOW ACTIONS

СТО 02066523-089-1-2024

Москва – 2024 г.



Содержание	
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения	1
3.1 Термины и определения	1
3.2 Обозначения и сокращения	4
4 Рекомендации по разработке и требования к численным моделям	6
4.1 Требования к исследователям	6
4.2 Моделирование турбулентных потоков	6
4.3 Детализация и форма расчетной области	8
4.4 Размеры расчетной области, граничные и начальные условия	10
4.5 Пространственная и временная дискретизация численных моделей	11
4.6 Требования к численным схемам	14
4.7 Требования к программным комплексам	15
5 Методики моделирования ветровых нагрузок	15
5.1 Контроль параметров набегающего потока	15
5.2 Интегральные ветровые нагрузки и выбор опасных направлений ветра	17
5.3 Позонные средние ветровые нагрузки	21
5.4 Пульсационная составляющая ветровой нагрузки	24
5.5 Пиковые ветровые нагрузки	24
5.6 Аэродинамические коэффициенты давлений	27
6 Методика моделирования снеговых нагрузок	27
6.1 Особенности снегонакопления на покрытиях зданий и сооружений	28
6.2 Численное моделирование снегонакопления и снегопереноса	29
6.3 Анализ и интерпретация результатов моделирования	31
7 Методики оценок аэроупругих эффектов	34
7.1 Определение аэродинамических характеристик для оценок аэроупругих явлений	34
7.2 Оценка возможности возникновения галопирования	37
7.3 Дивергенция	38
7.4 Вихревое возбуждение	39
7.5 Прямое связанное моделирование аэроупругости	40
8 Принципы гибридного моделирования	41
8.1 Требования и возможности	42
8.2 Разработка рекомендаций по результатам гибридного моделирования	43
Приложение А (рекомендуемое) Верификация и валидация численных моделей	44

Приложение Б (рекомендуемое) Рекомендации к расчетам конструкций для задач аэроупругости	49
Приложение В (справочное) Классификация аэроупругих явлений	53
Приложение Г (справочное) Уравнения гидрогазодинамики	60
Библиография	63

Разделы, создающие основу легитимизации методов

Методики моделирования ветровых и снеговых воздействий

Раздел, создающий основу для совместных (численных и физических) аэродинамических исследований



4 Рекомендации по разработке и требования к численным моделям

4.1 Требования к исследователям

4.1.1 Численным моделированием ветровых и снеговых нагрузок в рамках научно-технического сопровождения могут легитимно заниматься организации, имеющие действующий научный коллектив специалистов по строительной аэродинамике.

4.1.2 Научный коллектив должен обладать подтвержденным опытом численного моделирования задач строительной аэродинамики в рамках научно-технического сопровождения или научно-исследовательских работ.

4.1.3 Научный коллектив должен обладать верификационными и валидационными исследованиями задач строительной аэродинамики, опубликованными в ведущих рецензируемых научных журналах.



5	Методики моделирования ветровых нагрузок	15
5.1	Контроль параметров набегающего потока	15
5.2	Интегральные ветровые нагрузки и выбор опасных направлений ветра ...	17
5.3	Позонные средние ветровые нагрузки	21
5.4	Пульсационная составляющая ветровой нагрузки	24
5.5	Пиковые ветровые нагрузки	24
5.6	Аэродинамические коэффициенты давлений	27
6	Методика моделирования снеговых нагрузок	27
6.1	Особенности снегонакопления на покрытиях зданий и сооружений	28
6.2	Численное моделирование снегонакопления и снегопереноса	29
6.3	Анализ и интерпретация результатов моделирования	30
7	Методики оценок аэроупругих эффектов	34
7.1	Определение аэродинамических характеристик для оценок аэроупругих явлений	34
7.2	Оценка возможности возникновения галопирования	37
7.3	Дивергенция	38
7.4	Вихревое возбуждение	39
7.5	Прямое связанное моделирование аэроупругих явлений	39



Требования к физическому моделированию в АДТ представлены в Приложениях Ж и И к СП 20.13330, ветровых нагрузок на ограждающие конструкции – в ГОСТ Р 56728-2015, аэроупругой неустойчивости мостовых сооружений – в ГОСТ Р 59625-2022. Подробные требования и методики представлены в иностранном стандарте ASCE/SEI 49-21 [28].

Таким образом, принципы и требования к гибриднему моделированию подробно не представлены ни в одном российском или зарубежном стандарте и впервые приводятся в настоящем документе.

Раздел содержит возможности, требования и рекомендации по гибриднему моделированию аэродинамики.

8.1 Требования и возможности

8.1.1 Схема размещения датчиков измерения давлений и скоростей в физических моделях должна основываться на результатах предварительного численного моделирования, выявляющего характерные и наиболее опасные зоны.

8.1.2 Исследуемые направления ветра и системы координат в физическом и численном моделировании должны совпадать.

8.1.3 Все используемые численные модели должны быть верифицированы (см. Приложение А).

8.1.4 Физические модели должны быть верифицированы (исследована автомодельность для показаний всех датчиков, оценены погрешности экспериментальных данных на основе серии аналогичных испытаний или анализа симметричных случаев).

8.1.5 Численные модели для ветровых нагрузок и оценок аэроупругих эффектов должны быть валидированы [14] на результатах физического моделирования в АДТ (см. Приложение А).

8.1.6 В силу различий в методологии и технической реализации методов физического и численного моделирования валидацию численных моделей для снеговых нагрузок проводить не следует.

8.1.7 После валидации численной модели ветровых нагрузок дальнейшие исследования рекомендуется проводить на расширенной численной модели, отказавшись от ограничений АДТ (малый радиус застройки, отсутствие рельефа и др.).

8.1.8 Численное моделирование снегонакопления рекомендуется проводить для разных скоростных режимов набегающего потока (см. п. 6.1.4, 6.2.5) с целью выявления соответствующих закономерностей. Это позволяет качественно дополнить результаты физического моделирования снегонакопления, ограниченного узким диапазоном скоростей ветра.

8.1.9 Для корректного использования и сопоставления с результатами численного моделирования частот и амплитуд колебаний интегральных аэродинамических сил, определенных на основе физического моделирования, необходимо оценить и отфильтровать части сигнала, вызванные колебаниями аэродинамической трубы и макета.

8.1.10 Методики оценки возможности возникновения аэроупругих эффектов, представленные в 7.2 – 7.4, могут быть реализованы как на основе численного, так и физического моделирования [29].

8.1.11 Численное моделирование может использоваться в качестве инструмента быстрых предварительных проверок аэроупругой устойчивости на

ранних этапах проектирования при подборе формы сечения и параметров гасителей колебаний. В таком случае валидация численных моделей не требуется.

8.1.12 Прямые аэроупругие расчеты (см. 7.5) могут использоваться для уточнения результатов физического моделирования на секционных моделях.

8.2 Разработка рекомендаций по результатам гибридного моделирования

8.2.1 Аэродинамические коэффициенты и числа Струхала, определяемые в результате численного и физического моделирования, должны быть вычислены по явно указанным одинаковым формулам (единый принцип обезразмеривания).

8.2.2 Результаты численного и физического моделирования по возможности должны быть представлены в единой номенклатуре (например, таблицы по соответствующим зонам) и единицах измерения.

8.2.3 Рекомендуемые для оценки механической безопасности объекта направления ветра для физического моделирования ветровых нагрузок могут быть приняты по результатам анализа интегральных нагрузок в численных моделях.

8.2.4 Для локальных зон (например, места отрыва и присоединения потока) результаты численного и физического моделирования ветровых нагрузок могут значительно отличаться. Это может быть связано как с недостатками моделей турбулентности, так и с отсутствием автомодельности в указанных зонах. Такие случаи должны быть отдельно отмечены и проанализированы.

8.2.5 При выполнении расчетных исследований по оценке механической безопасности значения ветровых нагрузок, определенные по результатам физического и численного моделирования (в случае значимых локальных отличий), должны быть учтены в составе расчетных сочетаний нагрузок как взаимоисключающие загрузки.

8.2.6 Из-за ограничений физического и численного моделирования, результаты одного из подходов могут быть использованы для дополнения результатов другого. Например, значения ветровых нагрузок могут включать численно определенные коэффициенты корреляции и экспериментально определенные аэродинамические коэффициенты.

8.2.7 Схемы расчётного коэффициента формы μ должны учитывать результаты как физического, так и численного моделирования снеговых нагрузок [15] с учётом рекомендаций нормативных документов в соответствии с принципами, изложенными в пунктах 6.3.3 и 6.3.4 настоящего стандарта.

8.2.8 В силу различий в методологии и технической реализации методов физического и численного моделирования снеговых нагрузок, в результатах, полученных с помощью каждого из подходов для одного и того же расчётного случая, могут наблюдаться локальные несовпадения. В пределах таких зон рекомендуется составить отдельные схемы расчётного коэффициента формы μ в том случае, если выявленные несовпадения невозможно обобщить единой схемой.

8.2.9 Полученные в результате численного и физического моделирования оценки возможности возникновения аэроупругих эффектов по методикам 7.2 – 7.4 должны быть сопоставлены, а рекомендации даны по наилучшим случаям.



А.1 Процедура верификации

А.1.1 Верификация подтверждает, что аэродинамические исследования проводились на качественной численной модели, а результаты отражают заложенную в неё математическую модель с достаточной для практических целей

45

точностью. В результате верификации численная модель может быть скорректирована, что является одной из целей верификации.

А.1.2 При верификации оцениваются погрешности и неопределенности искомых в конкретной задаче величин (интегральных ветровых нагрузок, статических давлений в характерных точках, скоростей ветра в пешеходных зонах и т.д.).

А.1.3 Допустимо проводить верификацию только для нескольких направлений / скоростей ветра.

А.1.4 Наибольшее влияние на численную погрешность δ_{SN} и неопределенность U_{SN} оказывают использование итерационных методов, пространственная и временная дискретизация, искусственная вязкость численных схем:

$$\delta_{SN} = \delta_i + \delta_G + \delta_T + \delta_P; \quad (A.7)$$

$$U_{SN}^2 = U_i^2 + U_G^2 + U_T^2 + U_P^2, \quad (A.8)$$

где δ_i , U_i – погрешности и неопределенности, обусловленные неполной итерационной сходимостью;

δ_G , U_G – погрешности и неопределенности, обусловленные пространственной дискретизацией;

δ_T , U_T – погрешности и неопределенности, обусловленные временной дискретизацией;

δ_P , U_P – погрешности и неопределенности, обусловленные остальными факторами.

А.1.5 В задачах, решаемых в стационарной постановке, прежде всего необходимо обеспечить высокую итерационную сходимость искомых величин. Плохая итерационная сходимость говорит о необходимости доработки модели, а дальнейшую верификацию следует прекратить, т.к. корректно оценить погрешности и неопределенности от других причин окажется невозможным.

А.1.6 В задачах, решаемых в нестационарной постановке, прежде всего должна быть обеспечена высокая и «быстрая» итерационная сходимость невязок решения на каждом временном шаге (сходимость по критериями, рекомендуемым в документации программного комплекса, не более, чем за 10 итераций).

А.1.7 Помимо достижения итерационной сходимости следует убедиться, что размеры расчетной области достаточно велики (см. раздел 4) и не вызывают значимых погрешностей. Малые размеры расчетной области могут недопустимо повлиять на δ_P .

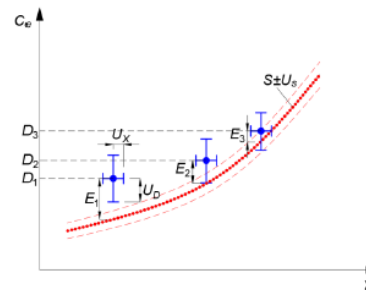


Рисунок А.2 – Результаты численного (красный) и физического (синий) моделирования аэродинамических коэффициентов C_e с оценкой неопределенностей, X – некоторая координата

А.2.7 Валидация может выступать обоснованным способом подбора модели турбулентности для решения соответствующего типа задач (см. рисунок А.3 [14]).

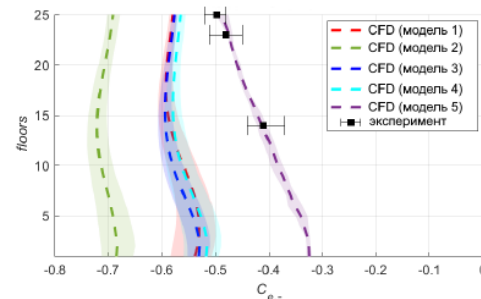


Рисунок А.3 – Пример сопоставления пиковых отрицательных аэродинамических коэффициентов C_e вдоль вертикального сечения фасада 25-ти этажного здания

А.2.8 После достижения необходимой степени валидации численной модели в дальнейших исследованиях возможно использовать верифицированную расширенную численную модель, не ограниченную условиями АДТ.

Такой подход позволяет использовать преимущества математического моделирования при обоснованной достоверности получаемых результатов.

А.2.9 При наличии у организации опубликованной успешной валидации для аналогичной задачи и объекта при использовании тех же математических моделей, граничных условий, степени дискретизации, параметров численных схем и программного комплекса допускается не проводить новую валидацию.



Дальневосточный Федеральный Университет (ДВФУ)

29.01.2024

**Беккер А.Т., д.т.н., профессор,
академик РААСН**

**Ким Л.В., к.т.н., доцент,
советник РААСН**

Помников Е.Е., к.т.н.

**Замечаний / предложений – 8,
из них принято – 8**

Актуальность стандарта несомненна. Стандарт восполняет существующий пробел в системе технического регулирования в строительстве, касающийся применения современных компьютерных методов в моделировании сложных нагрузочных эффектов. К ним относится расчет аэродинамических нагрузок и от снеговых нагрузок на здания и сооружения. В последние десятилетия увеличивается объем строительства, в том числе уникальных объектов, в суровых климатических условиях Арктической зоны и Дальневосточного региона.

Необходимость экспериментальных испытаний в аэродинамической трубе и учет снеговых нагрузок на сложные поверхности кровли, включая крупногабаритные длиной более 100 м, требует применения научно обоснованных методов компьютерного моделирования. Здесь возможно применение известных программных продуктов, доказавших надежность получаемых результатов.

Стандарт соответствует требованиям СТ РК 1.5-2004 «Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов».

Предлагаемый стандарт базируется на глубоком теоретическом фундаменте, достаточно полно описывает методики расчетов, методики проведения верификации и валидации результатов, и за последние годы основные решения прошли достаточную апробацию. Он будет полезен проектировщикам при проектировании сложных и уникальных строительных объектов.

Беккер Александр Тевьевич

Научный руководитель Политехнического института ДВФУ, профессор департамента «Морские арктические технологии», д.т.н., профессор, академик РААСН,



Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) 11.02.2024

Кантаржи И.Г., д.т.н., профессор
Гогин А.Г., к.т.н.

Замечаний / предложений – 4,
из них принято – 2

В настоящее время развитие технических дисциплин совместно с возможностями современных компьютеров достигло такого уровня, что каждый инженер имеет возможность выполнять сложные вычисления НДС, а иногда и численное моделирование зданий на своем рабочем месте. Это, в свою очередь, стало причиной распространения большого количества программного обеспечения, которое сокращает все этапы проведения расчетов до двух: введение исходных данных и получение результатов. При этом развитие теории и техники сегодня таково, что современные программы уже сегодня могут заменить классические лабораторные эксперименты, по крайней мере, частично. На практике это приводит к постепенному переходу от физических экспериментов к численным (или вычислительным). Тем не менее, кажущаяся простота применения современных программ и их глобальное распространение приводит и к увеличению ошибок, связанных с не учетом условностей, допустимостей и границ применимости заложенных в программу моделей. Это приводит к тому, что в наиболее сложных задачах необходимо совместное использование возможностей физических и численных экспериментов, подкрепленных, где возможно, аналитическими вычислениями и натурными наблюдениями – то есть, к необходимости комплексного моделирования. В этой связи, в отсутствие соответствующей нормативной базы, введение представленного стандарта организации представляется несомненно актуальным.

Тем не менее, на наш взгляд, представленный стандарт организации может быть рекомендован к применению при выполнении комплексного моделирования поведения строительных конструкций под действием ветровых и снеговых воздействий.

Проф. кафедры ГиГС, д.т.н.

К.т.н.

Кантаржи И.Г.

Гогин А.Г.



«Проектное бюро АПЕКС»

19.02.2024

Надеева А.Е., Заместитель
генерального директора по
иностранным проектам и
объектам наследия

Замечаний / предложений – 23,
из них принято – 10

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.



«МАРКС ИНЖИНИРИНГ»

29.03.2024

**Алехин В.С., к.т.н.,
Руководитель проекта
Департамент по
проектированию**

**Замечаний / предложений – 6,
из них принято – 3**

В соответствии с требованиями СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» определять ветровые и снеговые воздействия для зданий сложной формы и объектов повышенного уровня ответственности требуется только по результатам продувки в аэродинамических трубах. Однако изготовление модели и проведение натурального эксперимента требует больших затрат, как временных, так и финансовых. Кроме того, полученный результат также сильно зависит от опыта экспериментаторов, соблюдении всех критериев подобия, правильной фиксации модели в трубе и многих других факторов. Поэтому в мировой практике распространен опыт применения компьютерного моделирования для решения задач и дополнительной проверки экспериментальных данных. Этот опыт показывает, что при правильном подходе, численное моделирование дает результаты высокой точности с более широким полем для анализа данных. Таким образом, представленный стандарт очень важен для легализации современных подходов к определению ветровых и снеговых воздействий и должен послужить основой для включения подхода к определению ветровых и снеговых воздействий на основе численного моделирования в общую систему федеральных нормативных документов.

С точки зрения технического исполнения по созданию численных моделей вопросов не возникает. В стандарте даны рекомендации по использованию конкретных моделей турбулентности, по построению сетки в пристеночной области, типам и размещению граничных условий, детализации и форме расчетной области, качеству сетки.

Следует отметить, что описанные рекомендации по построению сетки могут требовать высоких вычислительных мощностей, особенно для объектов сложных форм. Однако уменьшение качества может грозить снижением точности расчетов.

Методика по моделированию снеговых нагрузок предполагает использование однофазной модели среды в стационарной постановке, что для практического применения является рациональным вариантом с точки зрения трудозатрат и вычислительных ресурсов.

Также, совместно с утверждением рассматриваемого стандарта, считаем важнейшей задачей продолжение работы по определению и утверждению механизма использования результатов численного моделирования при проектировании. Оптимальным механизмом стало бы дополнение СП 20.13330.2016 положениями о возможности использования численного моделирования. В качестве промежуточного этапа мог бы использоваться механизм научно-технического сопровождения проектирования специализированными организациями, имеющими необходимую квалификацию, теоретическую и научную базу.

**К.т.н., руководитель проекта
Департамент по проектированию
ООО «МАРКС ИНЖИНИРИНГ»**

В.С. Алехин

29.03.2024



**Штутгартская высшая
техническая школа**
05.04.2024

**Вальгер С.А., к.ф.-м.н., Научный
сотрудник Факультета геодезии,
компьютерных наук и
математики**

**Замечаний / предложений – 34,
из них принято – 26**

Отзыв на
СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ И СНЕГОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ»
„NUMERICAL MODELLING OF WIND AND SNOW ACTIONS”

Общая характеристика

Рекомендации и требования, изложенные в СТО, представляют собой информацию для стандартизации процедуры численного моделирования ветровых и снеговых воздействий с использованием современных программных комплексов, учитывая при этом данные существующих аналитических подходов, физического моделирования и строительных стандартов. СТО включает в себя разделы по моделированию ветровых нагрузок, снеговых нагрузок, аэроупругих эффектов, а также рекомендации и требования к проведению комплексных оценок, основанных на сочетании численного и физического моделирования. Особое внимание в документе уделено оценке результатов численного моделирования и приведении их интерпретации в соответствие с имеющимися стандартами и нормами строительной отрасли.

Достоверность приведенных в СТО сведений не вызывает сомнений, что подтверждается: научно-исследовательскими работами авторов, получившими положительную оценку научного сообщества (диссертации И.Н. Афанасьевой, Н.А. Бритикова, статьи авторов в рецензируемых отечественных и зарубежных авторов, монографии авторов); обширным и впечатляющим опытом коллектива авторов в части решения прикладных и промышленных задач строительства. Также Стандарт разработан с учетом методик и исследований, опубликованных в открытом доступе в научной литературе; данных отечественных строительных и зарубежных стандартов и действующих норм. Рекомендации и требования, изложенные в Стандарте организации, написаны ясным, литературным языком, имеют однозначную интерпретацию, хорошо аргументированы и подтверждены соответствующими ссылками на литературу.

Отзыв составлен:

К.ф.-м.н. С.А. Вальгер

Место работы и должность:

научный сотрудник,
Факультет геодезии, компьютерных наук и математики,
Штутгартская высшая техническая школа,
г. Штутгарт, Германия