

**Ответы НИУ МГСУ и НИЦ СтаДиО на замечания / предложения  
внешних и внутренних рецензентов к СТО 02066523-089-1-2024  
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ И СНЕГОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Автор рецензии	Замечания / предложения	Изменение
<p>ДВФУ 29.01.2024</p> <p>академик, д.т.н., профессор, <b>Беккер А.Т.</b>,</p> <p>к.т.н., доцент, советник РААСН, <b>Ким Л.В.</b>,</p> <p>к.т.н., <b>Помников Е.Е.</b></p> <p>Принято 8 / 8 замечаний</p>	<p>Стр. V - ВВЕДЕНИЕ в абзаце 5 написано «Все три вышеперечисленных подхода к моделированию ветровых и снеговых воздействий применяются <b>в российском строительстве</b>». Сочетание слов необычное, и пропущены этапы проектирования и эксплуатации. Рекомендуется заменить на «на территории России».</p>	<p><u>Принято</u> 1-е предложение 5-го абзаца Введения изложено в новой редакции: «Все три вышеперечисленных подхода к моделированию ветровых и снеговых воздействий применяются на территории России, однако нормативные требования существуют только для физического моделирования в аэродинамических трубах.»</p>
	<p>Между стр. V и стр. 1 удалить пустую страницу.</p>	<p><u>Принято</u> Пустая страница между стр. V и стр. 1 удалена.</p>
	<p>Стр. 29 п. 6.2.5 и п. 6.3.1.2 – исправить: «Ошибка! Источник ссылки не найден.»</p>	<p><u>Принято</u> В п. 6.2.5 и п. 6.3.1.2 удалено «Ошибка! Источник ссылки не найден.»</p>
	<p>Стр. 34, рис. 7.2 – уменьшить размер обозначений.</p>	<p><u>Принято</u> На рис. 7.2, В.2, В.3, В.4, В.5 уменьшен размер обозначений.</p>
	<p>Стр. 37, п. 7.2.3, п. 7.4.3 – «первая изгибная собственная частота колебаний» исправить на «первая собственная частота изгибных колебаний».</p>	<p><u>Принято</u> п. 7.2.3 и 7.4.3. изложены в новой редакции: «первая изгибная собственная частота колебаний» заменена на «первая собственная частота изгибных колебаний».</p>
	<p>Стр. 38, п. 7.5.1 и с. П. 59, п. В.14 – исправить «7.2 – 0» на «7.2».</p>	<p><u>Принято</u> п. 7.5.1, п. В.14 исправлено «7.2 – 0» на «7.2»</p>
	<p>Стр. 48 – наличие только 2-х строк на странице недопустимо, рекомендуется перенести п. А.2.7 на предыдущую страницу</p>	<p><u>Принято</u> Уменьшен размер картинок А.2 и А.3, чтобы уместить п. А.2.9 на одной странице.</p>
	<p>Стр. 63-65 – привести источники согласно ГОСТ 7.0.100.2018.</p>	<p><u>Принято</u> Библиография переформлена в соответствии с ГОСТ 7.0.100.2018.</p>

<p><b>НИУ МГСУ</b> 11.02.2024</p> <p>д.т.н., профессор, <b>Кантаржи И.Г.</b></p> <p>к.т.н., <b>Гогин А.Г.</b></p> <p>Принято 2 / 4 замечаний</p>	<p>Комплексные исследования – не лучший термин, так как воспринимается просто как использование и того, и другого. А где же синергетика! Исторически принято, кстати в работах в СССР, лет 40 назад - «гибридное моделирование». А в последнее время и «композитное моделирование», что очень не нравится специалистам по строительным материалам.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>Термин «комплексное моделирование» заменен на «гибридное моделирование» всюду в тексте документа.</p> <p>В Термины и определения добавлено: «Примечание – В некоторых источниках можно встретить термины-синонимы: комплексное или композитное моделирование.».</p> <p>В конец 1-го абзаца 8-го раздела добавлено: «В некоторых источниках можно встретить термины-синонимы: комплексное или композитное моделирование.».</p>
	<p>Несмотря на то, что введением обозначена назревшая необходимость регламентировать требования к комплексному моделированию ветровых и снеговых воздействий, подобной задачи представленный СТО не решает. Тем более, что в СТО комплексные исследования рассматриваются, как метод исследований нагрузок и воздействий наряду с физическим и численным моделированием.</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Основные принципы, возможности, требования и рекомендации по гибриднему (комплексному) моделированию приведены в разделе 8.</p> <p>Гибридное (комплексное), численное и физическое моделирования действительно рассматриваются в одном ряду.</p>
	<p>В разделе, посвященной валидации численной модели нет конкретных рекомендаций по критерию разделения численной модели на «хорошую» или «плохую». Формулы А.9 и А.10 позволяют выразить лишь погрешность результатов исходя из погрешности математического аппарата, ошибок, возникающих при интерполяции уравнений на расчетные сетки конечных элементов (или объемов), точности используемой при проведении физического моделирования аппаратур и т.д. Однако, часто значения этих погрешностей достоверно неизвестны и неочевидны. Поэтому в нашей области принято оценивать предсказательную способность численной модели, используя сравнение абсолютной разницы между численными и экспериментальными результатами с разницей, полученной на аналогичных объектах. Часто используется метод построения связей между численными и экспериментальными результатами, после чего выполняется расчет наборов статистических параметров таких связей. Точность совпадения результатов должна быть примерно в том же диапазоне, что была получена на аналогичных</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Конкретные критерии разделения моделей на «хорошие» и «плохие» не даны по следующим причинам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- таковые отсутствуют в аналогичных иностранных документах;</li> <li>- раздел введен в рекомендательном («тестовом») режиме, о чем сказано в 1-ой абзаце преамбулы;</li> <li>- в последующих редакция планируется доработка этого раздела на основе опыта применения.</li> </ul> <p>Значения погрешностей вполне возможно оценить. Примеры даны в литературных ссылках.</p>

	<p>объектах. Нормировать порог успешной валидации численной модели было бы более корректно именно таким путем.</p>	<p>Опора на объекты-аналоги труднореализуема в текущих реалиях строительной аэродинамики. За последние годы нам удалось существенно уточнить / улучшить результаты, получаемые как в численных моделях, так и в экспериментах в аэродинамической трубе НИУ МГСУ. В условиях активного совершенствования методик опора на объекты-аналоги будет лишь тормозить прогресс.</p>
	<p>Нет обозначений и требуемых (или рекомендуемых) значений допускаемых неопределенностей в формуле А.10.</p>	<p><u>Принято</u> В конец п. А.2.5 добавлена расшифровка обозначения <math>U_D</math>.</p>
<p><b>«Проектное бюро АПЕКС»</b> 19.02.2024</p> <p>Заместитель генерального директора по иностранным проектам и объектам наследия, <b>Надеева А.Е.</b></p> <p>Принято 10 / 23 замечаний</p>	<p>В пункте 4.1.3.1 указано, что нестационарная постановка не должна использоваться для прямого определения амплитуд колебаний искомым величин или их спектра. При этом, рекомендуемые двухпараметрические комбинированные модели турбулентности так же являются нестационарными. Выявляется логическая нестыковка.</p>	<p><u>Отклонено</u> Модели SST k-<math>\omega</math> и GEKO k-<math>\omega</math>, как и большинство моделей RANS, поддерживают нестационарную URANS (unsteady RANS) постановку. Однако оба варианта допустимо использовать только для определения средних значений искомым величин. Амплитуды и спектры, вычисленные в URANS постановке, следует воспринимать как «побочный продукт», который нельзя использовать при обосновании механической безопасности объектов. Модели URANS второго поколения, применимые для таких задач, типа Scale Adaptive Simulation в текущем издании документа не рассматриваются.</p>
	<p>В пункте 4.1.3.3 указано, что недопустимо использовать устаревшую модель DES (Detached Eddy Simulation), но не объясняется, почему эта модель считается устаревшей.</p>	<p><u>Принято</u> п. 4.1.3.3 (4.2.3.3 в актуальной нумерации) изложен в новой редакции: Гибридный RANS-LES подход, когда у стенок и в невозмущенных областях решаются уравнения RANS, а в остальных областях – LES. Разделение уравнений в расчетной области производится специальными функциями-переключателями. Нестационарная вихререзающая постановка позволяет напрямую определить статистические характеристики иско-</p>

		<p>мых величин при условии разрешения около 80% кинетической энергии турбулентности вне пристеночных областей. Подход требует меньших вычислительных затрат, чем LES, и реализуем даже на мощных однопроцессорных системах.</p>
	<p>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) .</p>	<p><u>Принято</u> п. 4.1.5 (4.2.5 в актуальной нумерации) изложен в новой редакции: ... предварительного анализа протяженных сооружений постоянного сечения (путепроводы, мосты и т.п.) ...</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Принято частично</u> Моделирование в уменьшенном геометрическом масштабе проводится с целью снижения чисел Рейнольдса <math>Re</math>. Поэтому масштабирование производится без выполнения условий полного подобия, т.к. это противоречит цели снижения <math>Re</math>. Фактически воспроизводится масштабирование как в АДТ, что является общепринятым подходом.</p> <p>п. 4.1.6 (4.2.6 в актуальной нумерации) изложен в новой редакции: Численное моделирование аэродинамики допустимо проводить в уменьшенном геометрическом масштабе (<math>1:K_s = 1:50-1:200</math>) для обеспечения лучшего функционирования моделей турбулентности и выполнения условий дискретизации пограничного слоя по <math>y^+</math>. При этом следует отмасштабировать по высоте (сжать) профиль ветра на входе в расчетную область. Интегральные нагрузки в уменьшенной модели снижены относительно полномасштабной, поэтому следует использовать формулы 5.3-5.4, учитывающие масштабный коэффициент <math>K_s</math>.</p>

		Физическое время счета в уменьшенной модели ускорено относительно полномасштабной, поэтому следует умножить шкалу времени на $K_s$ .
	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.	<u>Отклонено</u> Вопросы оптимального / рационального размера расчетной области остаются в области компетенций специалиста по CFD. Однако этот вопрос достаточно подробно рассмотрен в работе Abu-Zidan [5]. Была поставлена цель установить лишь минимальные требования.
	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.	<u>Отклонено</u> Количество крупных КО в верхней части расчетной области незначительно по сравнению с областью вокруг исследуемого объекта. Чрезмерное загромождение потока при низкой высоте расчетной области значительно повлияет на точность решения.
	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.	<u>Отклонено</u> Кажется очевидным, что это делается непосредственным сопоставлением результатов с рельефом и без. Т.е. исследователь проводит подробный анализ исходных данных, включающий множество тестовых расчетов. Никаких упрощенных или умозрительных способов мы не предлагаем.
	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.	<u>Отклонено</u> п. 4.4.6 и 4.4.7 являются независимыми (рекомендуется выполнять оба), поэтому соотношение между ними не указано.
	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.	<u>Частично принято</u> В п. 4.1.4 и 4.4.7 требование на $y^+ \leq 300$ смягчено до $y^+ \leq 1000$ . Дополнительно это устраняет противоречие с п. 5.5.2, где $y^+ \leq 1000$ было ранее. Граничное значение (300 или 1000) основано на большом научно-практическом опыте авторов разра-

		батываемого документа и в целом согласуется с указаниями в документации к программным комплексам и аналогичных документах.
	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, представленный 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.	<u>Отклонено</u> Приведенный набор программных комплексов не ограничен и заканчивается «и др.». Приведены наиболее зарекомендовавшие себя иностранные и один российский продукт. Использование программных комплексов за рамками этого списка не ограничивается. Тем не менее авторы документа убеждены, что неспециализированные программные комплексы, которые в последнее время стали включать в себя «CFD-пакет», не могут рассматриваться как надежные в вопросах обеспечения механической безопасности объектов строительства.
	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.	<u>Частично принято</u> Функции стенки предустановлены и уже откалиброваны в программных комплексах. С этим не предлагается ничего делать. Следует лишь оценить их влияние на деформацию профиля набегающего потока в соответствии с п. 5.1.2-5.1.3 и, при необходимости, внести корректировку в результаты в соответствии с п. 5.1.4. В п. 5.1.1. добавлена ссылку на соответствующую литературу.
	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).	<u>Отклонено</u> Для объектов прямоугольной формы без застройки предусмотрено Приложение В к СП 20.13330. Для более сложных форм или для прямоугольных, но с застройкой, шаг 45° слишком велик.
	В пункте 7.4.1 необходимо уточнить, как определяется коэффициент kv, учитывающий эффект захвата собственной частоты колебаний, и	<u>Принято</u> п. 7.4.1. удален. Вместо него добавлен п. 7.4.4:

	<p>какие критерии используются для выбора его значения в диапазоне от 0.9 до 1.1.</p>	<p>Также изменены ссылки на эти пункты в других разделах.</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Отклонено</u> Надежность результатов моделирования базируется на требованиях к численным моделям (раздел 4), выполнении требований пунктов соответствующих методик, процедурах верификации и валидации, изложенных в Приложении А.</p>
	<p>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</p>	<p><u>Отклонено</u> К сожалению, эксперименты в российских АДТ моделируют снегоперенос, но не снегонанос в результате снегопада. А численная модель моделирует оба этих явления. Поэтому валидация на основе имеющихся в распоряжении экспериментов невозможна.</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Отклонено</u> Это невозможно универсализировать – вариантов может быть масса. Возможно, отдельные примеры будут рассмотрены в рамках планируемого методического пособия.</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Частично принято</u> Приложение А пока введено в рекомендательной форме и содержит ссылки на публикации с конкретными примерами, описанными способами и методиками. Так сделано по причине, что эти вопросы остаются остро дискуссионными, а полноценная верификация и валидация в рамках практических работ чрезмерно сложна и занимает недопустимо много времени. На основании опыта применения Приложения А в течение нескольких лет предполагается реформатировать его в полноценный раздел с конкретными рекомендациями и указаниями.</p>

	<p>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</p>	<p><u>Частично принято</u> Нелинейные эффекты могут быть учтены только в рамках двухстороннего связанного расчета, поэтому нет смысла писать об этом в разделе Б.3. В последующих выпусках СТО раздел «7.5 Прямое связанное моделирование аэроупругих явлений» будет существенно расширен и дополнен, включая вопросы учета нелинейных эффектов.</p>
	<p>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</p>	<p><u>Отклонено</u> Приложение В справочное и не предназначено для рекомендаций и требований.</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Принято</u> Многие переходы сделаны кликабельными.</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Частично принято</u> Соответствующий раздел будет включен в следующий выпуск СТО.</p>
	<p>Полезным дополнением стал бы раздел, посвященный анализу влияния неопределенностей входных данных на результаты моделирования, что важно для оценки доверительных интервалов получаемых величин нагрузок.</p>	<p><u>Отклонено</u> Безусловно это наукоемкий и важный вопрос. Например, в климатологии такие подходы используются для улучшения предсказаний погоды на основе численных гидродинамических моделей. Но в связи с наличием большого числа более актуальных вопросов, эта задача остается без внимания не только у нас, но и в международном поле строительной аэродинамики.</p>
	<p>Рекомендуется дополнительно разработать рекомендации по выбору конкретных моделей турбулентности (например, SST k-<math>\omega</math>, GEKO k-<math>\omega</math>, WALE) в зависимости.</p>	<p><u>Отклонено</u> Количество моделей турбулентности и подсеточной турбулентности сужено до минимального, поэтому вопроса выбора не стоит. Что касается выбора в использовании нестационарных вихреразрешающих</p>

		или стационарных подходов, то эти рекомендации в СТО даны.
<p>«МАРКС ИНЖИНИРИНГ» 29.03.2024</p> <p>Руководитель проекта Департамент по проектированию, к.т.н., <b>Алехин В.С.</b></p> <p>Принято 3 / 6 замечаний</p>	<p>В стандарте приведена удобная для расчетов схема выдачи результатов по нагрузкам, однако считаем, что было бы полезно и удобно внести в документ возможность назначения нагрузки через интегральные значения (приложенное в точке центра жесткости суммарное значение по векторам X, Y и крутящий момент). Использование интегральных значений значительно упрощает процесс задания ветровой нагрузки и контроль результата.</p> <p>Если ввести отдельный критерий типов зданий (башенный или плоскостной тип), и в зависимости от типа здания назначать нагрузку по зонам либо через давления, либо через интегральные значения, то работа инженеров по заданию ветровой нагрузки и контролю результатов значительно упростится.</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Предлагаемый метод погонных поэтажных нагрузок фактически эквивалентен приложению суммарных нагрузок, но не имеет недостатка в виде локального всплеска напряжений от действия несуществующей сосредоточенной силы.</p> <p>Разработанный СТО не запрещает использование интегральных нагрузок (п. 5.3.1 Средние ветровые нагрузки следует вычислять и приводить ... в виде усредненных по площади давлений, погонных <b>или интегральных нагрузок</b>).</p>
	<p>Фактические собственные частоты построенных объектов могут отличаться от теоретических, вычисленных по результатам расчета. Для учета этих возможных отклонений предлагаем проводить исследования с возможным отклонением частот собственных колебаний +/-10% от расчетных значений.</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Не только теоретические собственные частоты, но условия работы конструкций, свойства материалов, величины нагрузок и множество других параметров отличаются от фактических. За учет вероятностных отклонений отвечает метод предельных состояний, заложенный в основу российских строительных норм. Разрабатываемый стандарт не распространяется на эти вопросы.</p>
	<p>В п.7.4.2. нет указаний по назначению числа Струхала. Если оно определяется по результатам численного моделирования, необходимо это указать.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>В пункте 7.4.2 добавлена ссылка на пункт 7.1.3.5, в котором приведена формула для вычисления <math>Sh_j</math>.</p>
	<p>Отдельно следует поднять вопрос, который никак не отражен в действующей нормативной базе РФ, однако является очень важным и, на наш взгляд, необходимым для учета при проектировании. В действующей нормативной базе РФ не вводится дифференциация ветрового воздействия в зависимости от уровня ответственности, высотности здания. Для всех зданий принимается ветер с 50-ти летней повторяемостью, тогда как высотные здания проектируются со сроком службы не менее 100лет. Т.е. фактически здания со сроком службы 100 лет, счита-</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Согласно СП 20.13330.2016 50-ти летняя повторяемость принята для нормативных значений ветровой нагрузки. Расчетные значения ветровой нагрузки соответствуют значительно более высокому периоду повторяемости (зависит от региона).</p> <p>Тем не менее авторы согласны с актуальностью учета различной повторяемости климатических</p>

	<p>ются на ветровые воздействия с периодом повторяемости 50 лет. Конечно, есть коэффициент ответственности, но его идеология другая – дополнительная надежность. Так в западных нормах для высотных зданий дополнительно применяют ветровые воздействия с повторяемостью 700, 1700 лет. Считаем необходимым обозначить в СТО направление для дифференциации ветрового воздействия по средней повторяемости. Ведь такая дифференциация уже существует в сейсмическом СП, но для ветра отсутствует.</p>	<p>нагрузок, как это реализовано во многих иностранных нормативных документов. Но соответствующие изменения должны вноситься в СП 20.13330.2016, а разрабатываемый стандарт не распространяется на эти вопросы.</p>
	<p>По результатам рассмотрения документа также отметим, что имеется ряд опечаток, таких как п. 6.2.5 на с. 29, п. 6.3.1.2 с. 30 - не подгружена ссылка</p>	<p><u>Принято</u> В п. 6.2.5 и п. 6.3.1.2 удалено «Ошибка! Источник ссылки не найден.».</p>
	<p>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.</p>	<p><u>Принято</u> Добавлен раздел 4.1 Требования к исследователям, содержащий требования к организациям и коллективам, имеющим право заниматься численным моделированием ветровых и снеговых воздействий в рамках Научно-технического сопровождения. Предложение по включению в СП 20.13330.2016 положений о возможности использования численного моделирования направлен разработчикам.</p>
<p><b>Штутгартская высшая техническая школа (ФРГ)</b> 5.04.2024</p> <p>Научный сотрудник Факультета геодезии, компьютерных наук и математики, к.ф.-м.н. <b>Вальгер С.А.</b></p> <p>Принято 26 / 34</p>	<p><i>3.1.9 модель турбулентности: Математическая модель определения рейнольдсовых напряжений в усредненных уравнениях Навье-Стокса (используется в подходах RANS).</i></p> <p>В части терминологии моделей турбулентности в литературе обычно присутствует вариативность. Но, по моему впечатлению, чаще используется обобщенное, широкое определение «модель турбулентности», которое включает в себя не только RANS, но и DES, LES и даже DNS. Например, в классификации (P.A. Durbin, T.I-P. Shih, 2005). Возможно, следует расширить понятие «модель турбулентности» и включить туда все существующие сегодня подходы.</p> <p><i>3.1.10 модель подсеточной турбулентности: Математическая модель определения подсеточных напряжений в отфильтрованных уравнениях НавьеСтокса (используется в подходах LES).</i></p>	<p><u>Отклонено</u> По опыту авторов СТО расширенная трактовка термина «модели турбулентности» часто приводит к несостыковкам и недоразумениям. Поэтому изначально было принято решение о такой трактовке, которая и закреплена в терминах и определениях, действующих в рамках СТО.</p> <p><u>Принято</u> Термин исправлен. Далее по тексту изначально использовался термин «подсеточная модель турбулентности».</p>

замечаний	<p>Более корректный термин - подсеточная модель турбулентности. «Подсеточная турбулентность» используется в литературе намного реже: турбулентность - это физическое явление, а сетки относятся к моделям.</p>	
	<p><i>3.1.23 аэроупругость: Проявления взаимного влияния ветрового потока и перемещений конструкции.</i></p> <p><i>3.1.24 аэроупругие явления: Эффекты, возникающие в результате взаимного влияния ветрового потока и перемещений конструкции или элемента конструкции.</i></p> <p>Эти два определения друг друга дублируют. Если подставить определение: <i>аэроупругие явления – проявления взаимного влияния ветрового потока и перемещений конструкции</i>, смысл не изменится.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>п. 3.1.24 изложен в новой редакции:  <b>аэроупругость:</b> Область прикладной механики, в которой изучается взаимодействие упругой системы с потоком газа (воздуха).».</p>
	<p><i>3.1.26 направление ветра: Угол в горизонтальной плоскости между вектором скорости набегающего потока и некоторой начальной осью.</i></p> <p>Не понятно, что подразумевается под «начальной осью». Возможно, лучше использовать «условной осью». Возможно, имеет смысл ввести более общее, географическое определение «направления ветра».</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Понятие «начальной оси» не может быть определено в общем случае. Выбор начальной оси не имеет большого значения.</p>
	<p><i>3.1.27 угол атаки ветра: Угол в вертикальной плоскости между вектором скорости набегающего потока и некоторой начальной осью.</i></p> <p>Термин «угол атаки» встречается чаще. Если использовать его по аналогии с терминологией в авиастроении, то «угол атаки ветра» звучит не совсем корректно. Обычно используется просто «угол атаки». Понятие «начальной оси» здесь также требует уточнения. Важно, как мне кажется, уточнить, что «ось» (характерное направление) должна быть связана с обтекаемым объектом.</p>	<p><u>Частично принято</u></p> <p>Термин исправлен на «угол атаки». Понятие «начальной оси» не может быть определено в общем случае. Выбор начальной оси не имеет большого значения.</p>
	<p><i>C – концентрация снега в воздухе вблизи поверхности снеготложения, кг/м<sup>3</sup></i></p> <p>Возможно, стоит уточнить, что подразумевается под концентрацией снега, так как это не общеупотребительный термин, например, как плотность снега, толщина/высота снежного покрова и т.д.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>Здесь и в п. 6.2.2. изменено на «концентрация взвешенного снега», поскольку подразумевается концентрация снежных частиц, взвешенных в воздухе вблизи поверхности снеготложения.</p>
	<p><i>ΔP – смещенное статическое давление, соответствующее натурным условиям несстесненного потока, Па;</i></p>	<p><u>Принято</u></p>

	<p>Не совсем понятно, что означает «смещенное» статическое давление. Далее, в п. 5.2.4 даны пояснения: <math>\Delta P = P - P_{ref}</math>. Можно ли использовать термин «относительное»?</p>	<p>Термин заменен на «относительное статическое давление».</p>
	<p><math>V_m</math> – средняя скорость потока, м/с; Можно было бы добавить «Средняя скорость потока ветра» или, лучше, «Средняя скорость ветра».</p>	<p><u>Принято</u> Заменено на «<math>V_m</math> – скорость ветра на характерной высоте <math>H_b</math> объекта, м/с».</p>
	<p><math>q_+</math> – поток отложения, кг/м<sup>2</sup>с; <math>q_-</math> – поток уноса, кг/м<sup>2</sup>с; Здесь хотелось бы уточнить, речь идет о потоке отложения/уноса снега?</p>	<p><u>Принято</u> В описании обозначений добавлены соответствующие уточнения.</p>
	<p><math>u^*</math> – скорость трения, м/с; <math>u_\tau</math> – скорость трения, м/с; Одна величина имеет двойное обозначение.</p>	<p><u>Принято</u> Дублирующее обозначение <math>u_\tau</math> исключено.</p>
	<p><math>\psi_{OQ}</math> – метрика ортогонального качества конечного объема; Возможно, корректнее «метрика качества ортогональности конечного объема».</p>	<p><u>Принято</u> Термин заменен на «метрика качества ортогональности конечного объема».</p>
	<p><i>RANS – Reynolds Averaged Navier-Stokes, усредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса;</i> Более распространено: Осредненные по Рейнольдсу</p>	<p><u>Отклонено</u> Несмотря на относительное распространение в специальной литературе «осредненные по Рейнольдсу», слово «осредненный» в русском языке используется многократно реже, чем «усреднённый». Поэтому было принято решение всюду в стандарте использовать в целом наиболее употребительное «усреднённый».</p>
	<p>4.1.3.2 На основе отфильтрованных по пространству уравнений Навье-Стокса с подсеточными моделями турбулентности (LES). Нестационарная вихреразрешающая постановка позволяет напрямую определить статистические характеристики искомых величин. Рекомендуется использовать подсеточную модель турбулентности WALE. LES – ресурсоемкий подход, реализуемый в многопроцессорных вычислительных кластерах</p> <p>Почему в качестве рекомендаций выбрана подсеточная модель WALE? Проводились ли валидационные тесты или, может быть, указать ссылку на работы, где исследовался этот вопрос?</p>	<p><u>Отклонено</u> WALE наиболее употребительная модель в современных публикациях на тему валидации LES подхода в задачах строительной аэродинамики. Расширение выбора моделей предусмотрено в последующих редакциях СТО.</p>
	<p>4.1.3.3 Гибридный RANS-LES подход, когда у стенок и в невозмущенных областях решаются уравнения RANS, а в остальных областях –</p>	<p><u>Принято</u></p>

	<p><i>LES. Разделение уравнений в расчетной области производится специальными функциями. Недопустимо использовать устаревшую модель DES. Нестационарная вихререзрашающая постановка позволяет напрямую определить статистические характеристики искомых величин. Подход требует меньших вычислительных затрат, чем LES, и реализуем даже на мощных однопроцессорных системах</i></p> <p>Не понятна формулировка этого пункта. В целом, DES – это обобщенное название гибридного RANS-LES подхода, есть множество модификаций. Нужны пояснения, что подразумевается под «устаревшей моделью DES», которую недопустимо использовать.</p>	<p>п. 4.1.3.3 (4.2.3.3 в актуальной нумерации) изложен в новой редакции: Гибридный RANS-LES подход, когда у стенок и в невозмущенных областях решаются уравнения RANS, а в остальных областях – LES. Разделение уравнений в расчетной области производится специальными функциями-переключателями. Нестационарная вихререзрашающая постановка позволяет напрямую определить статистические характеристики искомых величин при условии разрешения около 80% кинетической энергии турбулентности вне пристеночных областей. Подход требует меньших вычислительных затрат, чем LES, и реализуем даже на мощных однопроцессорных системах.</p>
	<p><i>Пояснения к формуле (4.1): <math>u_t</math> – скорость трения</i></p> <p>Обычно используется термин «динамическая скорость» (см. <a href="https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/turb_models/Term8_Lec08_near_wall.pdf">https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/turb_models/Term8_Lec08_near_wall.pdf</a>).</p>	<p><u>Частично принято</u></p> <p>Термин «скорость трения» всюду заменён на «динамическая скорость». В описании обозначения указано, что термин также может называться «скоростью трения» для согласования с теми источниками, где он обозначен как “friction velocity”.</p>
	<p><i>При <math>y^+ &gt; 30</math> применяются функции стенки, при <math>y^+ &lt; 5</math> – пристеночная область разрешается напрямую. Значений <math>5 \leq y^+ \leq 30</math> (буферная зона) и <math>y^+ &gt; 300</math> следует избегать ввиду возможного появления нефизических эффектов в результатах.</i></p> <p>Комментарий: В публикации (Computer Research and Modeling, 2015, vol. 7, no. 6, pp. 1221–1239 (Russian)) разработчики Flowvision показали результаты расчетов по модифицированным пристеночным функциям, которые применимы до значений <math>y^+ \sim 4</math>. В различном софте реализованы различные типы функций, а, следовательно, могут меняться и рекомендации по <math>y^+</math>. Важный вопрос при подготовке стандарта, с моей точки зрения, — как сформулировать рекомендации таким образом, чтобы они работали независимо от типа ПО (ANSYS, Flowvision и др.). Возможно, нужны какие-то пояснения, что для стандартных пристеночных функций выполняются описанные выше базовые требования,</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>В конце п. 4.2.4 добавлено: «Примечание – При использовании модифицированных функций стенки, реализованных в некоторых программных комплексах, характерные <math>y^+</math> могут отличаться от приведенных выше. В таком случае следует ориентироваться на значения, приведенные в документации.».</p>

	<p>однако в зависимости от реализации алгоритмов в ПО могут встречаться модификации функций, для которых требуется уточнение области их применимости.</p>	
	<p><i>4.1.6 Численное моделирование аэродинамики допустимо проводить в уменьшенном масштабе (1:50-1:200) для обеспечения лучшего функционирования моделей турбулентности и выполнения условий дискретизации пограничного слоя по <math>y^+</math>.</i></p> <p>В данной части просится добавить уточнение о соблюдении критериев подобия при проведении исследования в уменьшенном масштабе. Возможно, это может быть вынесено в отдельный пункт рекомендаций.</p>	<p><u>Принято</u> п. 4.1.6 (4.2.6 в актуальной нумерации) изложен в новой редакции: Численное моделирование аэродинамики допустимо проводить в уменьшенном геометрическом масштабе (<math>1:K_s = 1:50-1:200</math>) для обеспечения лучшего функционирования моделей турбулентности и выполнения условий дискретизации пограничного слоя по <math>y^+</math>. При этом следует отмасштабировать по высоте (сжать) профиль ветра на входе в расчетную область. Интегральные нагрузки в уменьшенной модели снижены относительно полномасштабной, поэтому следует использовать формулы 5.3-5.4, учитывающие масштабный коэффициент <math>K_s</math>. Физическое время счета в уменьшенной модели ускорено относительно полномасштабной, поэтому следует умножить шкалу времени на <math>K_s</math>.</p>
	<p><i>4.2.1 Для поверхностей земли, воды, зданий и сооружений следует использовать граничное условие «стенки с прилипанием» (все компоненты скорости равны 0). Для учета влияния мелких элементов, придающих поверхностям шероховатость, допускается использовать специальные функции стенки [3].</i></p> <p>Хорошо было бы уточнить критерии детализации относительно мелких элементов. Ввести пояснения, какие элементы необходимо учитывать через эквивалентную шероховатость/функции стенки, а в каких случаях элементы можно игнорировать.</p>	<p><u>Частично принято</u> п. 4.2.1 (4.3.1 в актуальной нумерации) изложен в новой редакции: Для поверхностей земли, воды, зданий и сооружений следует использовать граничное условие «стенки с прилипанием» (все компоненты скорости равны 0). Для учета влияния мелких элементов, возвышающихся над поверхностью на высоту, меньшую толщине пристеночных КО, допускается использовать специальные функции шероховатости стенки [3].</p>

		Затруднительно дать конкретные рекомендации, какие элементы можно полностью игнорировать, моделировать напрямую или с помощью эквивалентной шероховатости.
	<p><i>4.2.11 В качестве начальных условий в нестационарных постановках рекомендуется использовать решение в стационарной постановке. Это позволит решению быстрее выйти на установившиеся колебания искомых величин</i></p> <p>Возможно, следует также уточнить, что следует выбирать в качестве начальных условий для стационарных расчетов.</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Однозначных рекомендаций по начальным условиям для стационарных расчетов дать нельзя. В разных ситуациях могут оказаться лучшими разные методы.</p>
	<p>В разделе 4.2. есть подпункты 4.2.3, 4.2.5, 4.2.7, 4.2.9, 4.2.10, которые относятся, по моему мнению, не к граничным условиям, а к характеристикам расчетной области. В этих пунктах также используются термины «вход» потока, «выход» потока, которые не определены ранее и при этом являются больше «сленговыми» для расчетчиков, что затрудняет понимание. Например, что будет «входом потока» в цилиндрической области? В связи с этим, в качестве рекомендации, можно предложить:</p> <p>- поменять местами разделы 4.2 и 4.3. Тогда сначала, в п. «Детализация и форма расчетной области» будет введена более строгая терминология (и пояснения на рисунках), какие бывают формы расчетной области, что будет считаться входной/выходной/верхней/нижней/боковой границами расчетной области, какие рекомендации стоит соблюдать при выборе размеров области, если это цилиндр или параллелепипед. Затем, в разделе «Граничные и начальные условия» будет легче описать ГУ и НУ с учетом терминологии из предыдущего пункта.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>Название раздела 4.3 (в актуальной нумерации) заменено на «Размеры расчетной области, граничные и начальные условия».</p> <p>Разделы 4.3 и 4.4 (в актуальной нумерации) поменяны местами.</p>
	<p><i>4.3.1 Геометрия зданий, сооружений и отдельных конструкций должна быть детализирована в соответствии с пространственной дискретизацией расчетной области. Элементы геометрии, меньшие, чем удвоенный размер конечных объемов, должны быть удалены.</i></p> <p>Возможно, следует конкретизировать данный пункт. В моем представлении, наоборот, пространственная дискретизация расчетной области должна быть выбрана исходя из геометрии сооружений. Кроме того,</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>В настоящем пункте говорится о необходимом соответствии детализации и конечнообъемной сетки. Детализация геометрии, меньшая чем размеры КО, не имеет смысла.</p> <p>В «вакууме» пространственная дискретизация расчетной области зависит от геометрии, но не наоборот. В сложных практических задачах эти вопросы</p>

	<p>что будет считаться размером конечных объемов на данном этапе (этапе детализации геометрии зданий), некая предварительно заданная величина? Ведь, как правило, размер конечного объема варьируется на неструктурированных сетках.</p>	<p>оказываются связанными, т.к. невозможность создания качественной сетки приводит к дополнительным упрощениям геометрии.</p>
	<p><i>4.3.3 Рекомендуется максимально упростить геометрию удаленной окружающей застройки (до призматических форм). Это значительно понизит размерность задачи и улучшит сходимость при незначительном отклонении от реальной аэродинамики объекта.</i></p> <p><i>4.3.4 Ближайшая окружающая застройка должна быть детализована выше, чем удаленная, но ниже, чем исследуемый объект. Это значительно понизит размерность задачи и улучшит сходимость при незначительном отклонении от реальной аэродинамики объекта</i></p> <p>Возможно, было бы интересно ввести некоторую стандартизацию в вопросе детализации геометрии. Может ли быть использована классификация моделей по уровню детализации LOD (Level of detalisation)? Например, уровень LOD1 для объектов, расположенных удаленно относительно окружающей застройки. LOD1+кровля для ближайшей окружающей застройки.</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Отклонена по причине окончания сроков разработки СТО. Возможно, будет учтена в следующей редакции.</p>
	<p><i>Рисунок 4.1 – Примеры расчетных областей, б) цилиндрическая расчетная область для сложного рельефа (без исследуемых зданий)</i></p> <p>Было бы хорошо обозначить на рисунке раздел границ «вход»- «выход» по аналогии с рисунком 4.1, а.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>Рис. 4.1б изменен.</p>
	<p><i>Рисунок 4.3 – Примеры КО-сеток для разных подходов. Здание в центре –исследуемое. Абсолютные размеры КО условны</i></p> <p>Вызывает вопросы переходная зона от гексаэдральных к полиэдральным элементам. Зона перехода находится вблизи/в погранслое, при этом видно, что в зоне перехода есть «клиновые» элементы низкого качества. Не могу утверждать, что данная сетка не применима, но не замечалось ли артефактов в решении при таких переходах?</p> <p>Возможно, в раздел стоит также добавить пункт о рекомендациях к выбору формы КО.</p>	<p><u>Частично принято</u></p> <p>Во избежание недоразумений в подпись к рисунку добавлено «сечение КО-сетки...».</p> <p>Кажущееся низкое качество некоторых КО связано с тем, что на рисунке показаны сечения КО-сетки.</p>

	<p>4.5.2 В LES подходе следует использовать центральную или ограниченную центральную разность по пространству для уравнения моментов и ограниченную неявную схему по времени [9].</p> <p>4.5.3 В гибридном RANS-LES подходе следует использовать центральную или ограниченную центральную разность по пространству для уравнения моментов, схему 1-го порядка по пространству для уравнений переноса турбулентных характеристик и ограниченную неявную схему по времени [9].</p> <p>Возможно, вместо «следует использовать центральную или ограниченную центральную разность по пространству» лучше использовать более широко употребительный термин «следует использовать центральную или ограниченную центральную разностную схему аппроксимации по пространству»</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>Термин заменен на «...центральную разностную схему по пространству».</p>
	<p>4.5.4 В RANS подходе следует применять связанный алгоритм связи скорости и давления Coupled [8].</p> <p>В работе [8], Menter F. R., Lechner R., Matyushenko A. Best Practice: RANS Turbulence Modeling in Ansys CFD // ANSYS Inc.: Canonsburg, PA, USA. – 2021, некоторые рекомендации к численным схемам приведены на стр. 68, п. 5. Numerical Settings. Однако, это лишь общие, универсальные рекомендации, которые были даны для очень широкого спектра задач при расчетах в пакете ANSYS в стационарной постановке. Затрудняюсь ответить, насколько оправданно такое требование в рекомендациях к расчету ветровых нагрузок. Кроме того, наименование метода Coupled, насколько я помню, используется именно в продуктах Ansys. Возможно, стоит выбрать такую формулировку, чтобы она давала прозрачные рекомендации по выбору численной схемы, независимо от используемого программного продукта. Например, «При использовании RANS подхода в стационарной постановке рекомендуется использовать связанные алгоритмы расчета скоростей и давления, основанные на неявной связи уравнения сохранения импульса и неразрывности, например, метод Coupled в [8]».</p> <p>В п. 4.5.5. также говорится про метод Coupled как более устойчивый и ресурсозатратный. Если ввести пояснения в разделе 4.5.4, то в п. 4.5.5. деталильные пояснения метода уже не требуются.</p>	<p><u>Частично принято</u></p> <p>Использование связанного алгоритма в стационарных расчетах в первую очередь обусловлено опытом авторов СТО. Сегрегированные алгоритмы часто настолько медленно сходятся к адекватному решению, что есть риск завершить расчет раньше, получив совершенно нефизичное решение.</p> <p>Термин Coupled удален из документа.</p> <p>Устойчивый и ресурсозатратный важно именно в случаях нестационарных расчетов.</p>

	<p>5.1.1....Численное моделирование скоростей ветра и турбулентных характеристик в приземной зоне, как правило, происходит с использованием специальных функций стенки....Информация об используемых функциях стенки должна быть приведена в документации соответствующего программного комплекса....</p> <p>Ранее в тексте использовалось понятие «пристеночной функции». Возможно, стоит использовать единую терминологию.</p>	<p><u>Принято</u> Принята единая терминология «функции стенки».</p>
	<p>5.1.5. ... – расстояние должно быть минимальным из условия отсутствия градиентов давления, обусловленных обтеканием зданий...</p> <p>Сформулировано не очень понятно. Хотелось бы пояснения, что имеется в виду. Как я понимаю, имеется в виду поиск такой точки вверх по потоку, которая расположена максимально близко к застройке, но при этом находится в зоне невозмущенного препятствиями потока?</p>	<p><u>Принято</u> п. 5.1.5 изложен в новой редакции: ...принципами: – вверх по течению ветрового потока; – на минимальном расстоянии от учитываемой окружающей застройки, но в зоне невозмущенного препятствиями потока; – на характерной высоте Объекта (обычно верхняя отметка).</p>
	<p><math>A</math> – коэффициент, зависящий от степени когезии (сцепленности частиц снега), с/м;</p> <p>Исходя из размерности, не очень понятно, какой физический смысл имеет данный коэффициент и как его определить экспериментально?</p>	<p><u>Принято</u> Добавлена формула 6.5 для вычисления коэффициента <math>A</math>.</p>
	<p>В случае отсутствия экспериментальных данных для исследуемого объекта следует использовать следующие значения констант модели: <math>\rho_s = 300 \text{ кг/м}^3, C = 5 \text{ г/м}^3, w_f = 0.5 \text{ м/с}, A_{\rho a} = 10^{-4} \text{ кг с/м}^4</math></p> <p>В рекомендациях дана ссылка на статью: <i>Подробное обоснование представленной методики приведено в (Бритиков, Н.А. Методика численного моделирования снегоотложений и снеготранспорта на покрытиях большепролетных зданий и сооружений в стационарной и нестационарной постановках // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2022. – Т. 18. – №. 4. – С. 23-38.)</i> К сожалению,</p>	<p><u>Частично принято</u> Замечание касается одной из предыдущих редакций СТО. В текущей редакции к указанному абзацу добавлена ссылка на оригинальное исследование авторов модели уноса-отложения (Naaim, M. Numerical simulation of drifting snow: erosion and deposition models / M. Naaim, F. Naaim-Bouvet, H. Martinez // <i>Annals of Glaciology</i>. – 1998. – Vol. 26. – P. 191-196).</p> <p>Ссылка на статью Н.А. Бритикова заменена на ссылку на диссертацию Н.А. Бритикова.</p>

	<p>в статье не приведены сведения, каким образом были получены коэффициенты модели, только приведены их значения и сказано, что они получены экспериментально. Было бы более информативно, если бы была предоставлена ссылка на эти данные.</p> <p>Кроме того, в статье [20] указано:</p> <p><i>In conclusion, the advantage of the steady-state approach over the transient approach is demonstrated, but the modelling results still cannot be used directly for the design shape coefficient. It should be also noted that the absolute height of the snow surface depends on the observing time periods <math>\bar{t}</math> and <math>\bar{t}_0</math> and can be adjusted, but the pattern of the snow accumulation and snow transport itself remains unchanged and depends entirely on the shear stress pattern on the roof.</i></p> <p>и</p> <p><i>Unsolved problems remain that the methodologies do not consider. For example, at current time they don't account for snowmelt, the impact of which may be detrimental for many roofs and buildings, specifically for translucent constructions. We believe that the methodology may and will be expanded to take other snow accumulation phenomena into consideration and thus allow to obtain higher-quality results and further secure the mechanical safety of buildings.</i></p> <p>Возможно, имеет смысл указать ссылку не на статью, а на диссертационное исследование Н.А. Бритикова, что позволит получить большее представление об обоснованности методики.</p>	
	<p><i>стр 33: Для иных конструкций допустимо исследовать углы атаки ветра от <math>-20^\circ</math> до <math>20^\circ</math> с шагом не более <math>4^\circ</math>. Угол атаки <math>0^\circ</math> соответствует направлению вектора скорости потока, параллельному земле</i></p> <p>Возможно, будут полезны уточнения, как выбирается угол атаки <math>0^\circ</math> в случае существенно неоднородного рельефа местности?</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>В общем случае эти рекомендации/уточнения дать невозможно.</p>
	<p><i>стр. 38: 7.5.1 Оценки по методикам, представленным в 7.2 – 0, являются предварительными.</i></p> <p>Нарушена ссылка на обозначения формул.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>Опечатка исправлена.</p>

	<p><i>Стр. 39 На основе новых координат узлов обновляется КО-сетка и решается задача аэродинамики.</i></p> <p>Возможно, здесь можно уточнить, что на основе новых координат узлов, вычисляется новое расположение границы CFD области и, при наличии изменений расположения границы, производится перестроение/обновление КО-сетки.</p>	<p><u>Принято</u></p> <p>п. 7.5.3 изложен в новой редакции: ...определяется расположение границы контакта и, при наличии изменений расположения границы, производится перестроение/обновление КО-сетки, а затем решается задача аэродинамики.</p>
	<p><i>Стр. 38-39. раздел 7.5 Прямое связанное моделирование аэроупругих явлений</i></p> <p>Раздел выглядит немного неполным по сравнению с рекомендациями, данными для расчета аэродинамических и снеговых нагрузок. Например, было бы очень полезно добавить рекомендации по выбору шага по времени для связанных расчетов, минимальному количеству итераций на каждом шаге по времени, а также по методам перестроения сетки вблизи интерфейсной границы.</p>	<p><u>Частично принято</u></p> <p>Соответствующие рекомендации будут включены в следующих выпусках СТО.</p>
	<p><i>Стр 8.1.9 При физическом и численном моделировании снеговых нагрузок должны быть рассмотрены одни и те же направления ветра в одинаковом интервале скоростей.</i></p> <p>Физическое моделирование, в большинстве случаев, проводится в уменьшенном масштабе. Численное моделирование может проводиться в масштабе 1:1. Должна ли производиться оценка критериев подобия моделей в случае определения снеговых нагрузок?</p> <p>Также в данном разделе не увидела рекомендаций по оценке критериев подобия при определении аэродинамических нагрузок.</p>	<p><u>Отклонено</u></p> <p>Замечание касается одной из предыдущих редакций СТО. В текущей редакции валидация численных моделей для исследования снегонакопления не проводится.</p> <p>Рекомендации по оценке критериев подобия, возможно, будут добавлены в следующей редакции.</p>