

Проблемы надежности, безопасности и долговечности НФС при строительстве высотных зданий

НФС-технологии наружных фасадных систем утепления зданий с воздушным зазором все больше входят в практику современного строительства. За последние 10 лет на территории России выполнено уже больше 4 млн м² таких конструкций. И можно констатировать, что накоплен достаточный опыт (зачастую отрицательный) для формулирования требований и к системам, и к зданиям в целом, для обеспечения многолетнего и безопасного применения НФС

Современное строительство постоянно ставит перед участниками строительного рынка все более сложные инженерные задачи. Появление высотных зданий, увеличение количества зданий со сложными архитектурными формами диктуют такие инженерные требования, выполнить которые можно, опираясь только на самые передовые технологии. На сегодняшний день очевидно, что для решения современных инженерно-строительных задач необходимо привлекать академическую науку, осуществлять мониторинг, накапливать и анализировать опыт эксплуатации таких зданий.

Безусловно, следует обратить внимание на специальные объекты, к которым относится и высотное строительство. Очевидно, что неправильные расчеты, применение устаревшей нормативно-расчетной базы, использование недостаточно долговечных материалов, некачественный монтаж и т.п. могут создать реальную угрозу безопасности людей при эксплуатации таких зданий.

Так, по-нашему мнению, современные НФС, применяемые для высотного строительства, должны соответствовать следующим критериям надежности и безопасности.

Нормативный срок службы не менее 50 лет

Для этого необходимо наличие:

- оценки надежности и долговечности НФС с точки зрения коррозионной устойчивости (включая стык несущих кронштейнов и анкеров, заклепок, саморезов, стыков элементов конструкции и так далее);

- расчетов системы на долговечность при условии воздействия на нее импульсных знакопеременных ветровых нагрузок. НФС для высотного строительства должны выдерживать без ухудшения эксплуатационных свойств не менее 100 тыс. циклов;

- расчетов системы на собственные колебания (несовпадение собственной частоты системы с колебаниями, вызванными знакопеременными ветровыми нагрузками), во избежание резонансных разрушений;



Генеральный директор
ООО «Диат-2000» Цыкановский Е. Ю.

- расчетов несущей способности системы (с учетом предельных значений ветровых нагрузок, в том числе и знакопеременных);
- расчетов температуры на анкерном креплении (во избежание появления на анкере знакопеременных температур и ослабления крепежа с течением времени).

Высокая пожарная безопасность (из-за сложности, а порой, и невозможности тушить пожары на таких зданиях). Предельно высокая тепло-техническая однородность

При этом необходимо иметь в виду, что такие «объективные факторы» (с точки зрения производителей работ по монтажу НФС), как значительные отклонения стен по плоскостности (кривизна), применение для заделки стеновых проемов материалов, несущая способность которых, с точки зрения анкерного крепежа, недопустима, могут просто исключить возможность безопасного применения НФС. Очевидно также, что фирмы производители НФС должны иметь собственные лицензированные проектные группы, а фирмы производители работ должны быть сертифи-

цированы системными компаниями.

Рассмотрим проблему высотного домостроения с точки зрения воздействия ветра.

Для обеспечения достоверных расчетов несущей способности и долговечности НФС на здании, необходимо включать в Техническое задание, в качестве одного из основных разделов, расчет статических и динамических ветровых нагрузок.

Опыт показывает, что ветер на больших высотах может создавать нагрузки, вызывающие необходимость проведения специального (и значительного) усиления применяемых фасадных систем.

Дело в том, что ветровой поток имеет две составляющие: стационарную (осредненную) и нестационарную (вихревую). В СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» давление ветра учитывается только с точки зрения стационарной составляющей, а влияние вихревых порывов регламентируется повышающими коэффициентами, применительно к определенным зонам здания. При этом все расчеты приведены для зданий прямоугольной формы. Однако в современном строительстве здания часто имеют значительно более сложную форму. А 10-летний опыт эксплуатации зданий высотой более 40 м показывает, что пиковые ветровые нагрузки на здания значительно превышают расчетные по СНиП. При этом нельзя забывать, что тонкостенная металлическая конструкция НФС под воздействием ветровых нагрузок работает отдельно от ограждения стенового проема. В результате отсутствия корректных методик расчета, а зачастую, и пренебрежения расчетами конструкции НФС на действия ветровых нагрузок, участились случаи отрыва и падения плит облицовки. Более того, можно прогнозировать учащение таких случаев из-за накапливаемой усталости металла подконструкции под воздействием динамических знакопеременных ветровых нагрузок. Все вышеперечисленное может привести к значительной угрозе безопасности при эксплуатации таких зданий. Если же учесть, что на конструкцию НФС действуют также нагрузки от температурных деформаций и коррозионное разрушение, то через определенный промежуток времени процесс обрушения облицовки может принять лавинообразный харак-

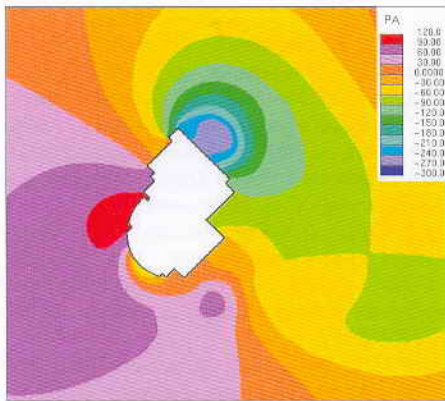


Рис. 1*. Распределение нагрузок на здании при скорости ветра 12,5 м/с. Ветер слева направо

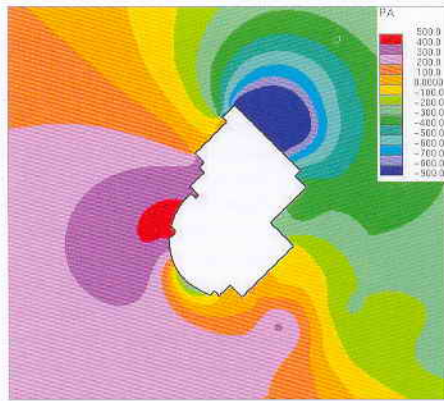


Рис. 2*. Распределение нагрузок на здании при скорости ветра 25 м/с. Ветер слева направо

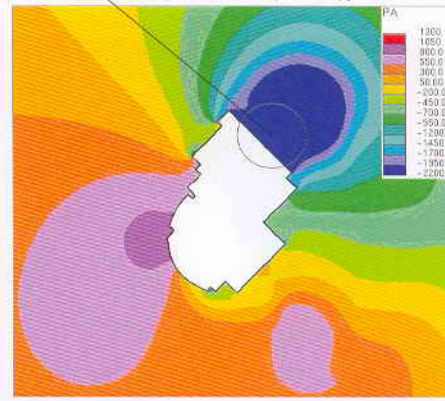


Рис. 3*. Распределение нагрузок на здании при скорости ветра 37,5 м/с. Ветер слева направо

тер. При этом необходимо учесть, что сильный ветер способен вызывать планирование оторвавшейся облицовки на значительные расстояния.

Все вышесказанное говорит о том, что на сегодняшний день назрела острая необ-

ходимость введения жестких мер по обязательному повышению требований к конструкциям, применяемым на высотных зданиях, и контролю соответствия применяемых систем НФС заданным характеристикам.

Сложность проектирования высотных зданий состоит в том, что динамические нагрузки от вихревой составляющей ветра могут значительно (в разы) превышать осредненные нагрузки. Даже при постоянном ветре появляются зоны с интенсив-

Выводы, сделанные на основании анализа схем распределения нагрузок, представленных на рис. 1–6

1. Предельная ветровая нагрузка на отсос на высоте 67 м при скорости ветра 38 м/с — 220 кг/м². Расчет нагрузки по СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» при том же ветре показал предельную нагрузку 67 кг/м². Разница более чем в 3 раза.

2. На здании выявлены зоны знакопеременных (пульсационных) нагрузок, которые не учтены в СНиП 2.01.07-85*.

3. Расчет ветровых нагрузок по СНиП 2.01.07-85* устарел и не может служить базой для определения ветровых нагрузок на здания сложной формы высотой более 40 м. Необходимо развить более точные методики.

4. Распределение ветровых нагрузок по зданию не соответствует картине распределения нагрузок, регламентируемых СНиП 2.01.07-85* (!). Предельные нагрузки выявлены не в угловых зонах здания, а по гладки стены.

Такие разработки появились в НИИ Строительной физики, ЦНИИЭП жилища, ЦНИСК им. В.А. Кучеренко и других ведущих институтах. Существует два основных направления исследований: продувка моделей зданий в аэродинамической трубе и построение численных моделей на базе CFD-технологий математического моделирования аэрогидродинамических процессов с использованием так называемых «тяжелых программных пакетов» (FLOW3D, FLUENT, STAR-CD, VP2/3 и др.).

В целом, анализ результатов по обоим методам показывает их согласование. Однако, из-за нарушения принципа подобия при продувке, первый способ, по нашему мнению, дает значительно большую погрешность. Кроме того, экспериментальный метод фактически не дает возможнос-

ти измерения динамических нагрузок на отдельные элементы НФС из-за масштабного фактора, даже при изготовлении максимально больших моделей зданий (1:50, 1:40) для продувки в крупных аэродинамических трубах соответствующего диаметра. Необходимо отметить также, что это значительно более длительный, дорогой и трудоемкий способ. Поэтому в 2005 году в НИИ Строительной физики на базе уже существующих аэрогидродинамических моделей начата, по заказу нашей фирмы, разработка методик расчета трехмерных распределений ветровых нагрузок на здание.

Расчеты, по нашему мнению, должны производиться для скорости ветра не менее 30 м/с на высоте 30 м (по данным Гидрометеобюро Москвы подобная скорость ветра регистрируется в Москве раз в 5–7 лет). Последний раз такой ветер был зарегистрирован в Москве в 2004 году. До того — в 1998 году.

Анализ мирового опыта расчета высотных зданий показал, что для корректного расчета ветровых нагрузок применяются одновременно обе методики, хотя CFD-технологии являются базовыми.

В результате изучения ситуации, сложившейся на рынке высотного строительства, фирмой «ДИАТ» был разработан специальный усиленный вариант системы, способной выдерживать самые большие ветровые нагрузки. Более того, нами была решена задача по изготовлению НФС, выдерживающей заданные нагрузки в течение 50 лет, а комплексные испытания подтвердили возможность использования нашей системы на высоте более 200 м. Основной их частью стали испытания на долговечность при воздействии импульсных ветровых нагрузок

(с определением собственной частоты колебаний системы во избежание резонансного разрушения). Нам удалось создать систему, обеспечивающую заданную проектную прочность при воздействии не менее 100 тыс. циклов (в связи с отсутствием строительных норм при данном исследовании за основу были взяты самолетостроительные нормы). При этом необходимо учесть, что фирма «ДИАТ» решает проблему комплексно (с учетом всех нагрузок на систему, включая, кроме ветровых, нагрузки от температурных деформаций, собственных колебаний здания и системы, а также коррозионной стойкости и усталости металла). Кроме того, нами рассчитан температурно-влажностный режим работы здания и коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции при применении нашей системы.

Для оптимизации стоимости НФС, мы применяем зональное (по высоте) разделение конструкции, увеличивая несущую способность (а соответственно и стоимость) подконструкции постепенно, исходя из распределения ветровой нагрузки по высоте и топографии здания.

Резюмируя все вышесказанное, можно констатировать, что Фирма «ДИАТ» полностью готова к реализации Постановления Правительства Москвы о строительстве высотных зданий.

В заключение хочется обратиться к владельцам уже построенных в Москве высотных зданий с просьбой о расстановке датчиков для замеров фактических ветровых нагрузок. Это поможет набрать библиотеку данных для подтверждения корректности методики расчета и проверки сходимости фактических и рассчитанных теоретических данных.

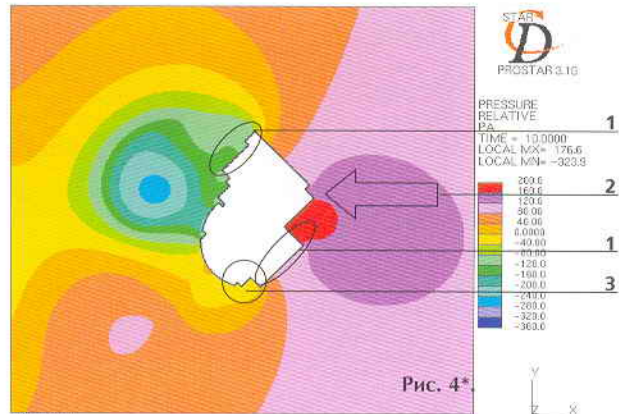


Рис. 4*

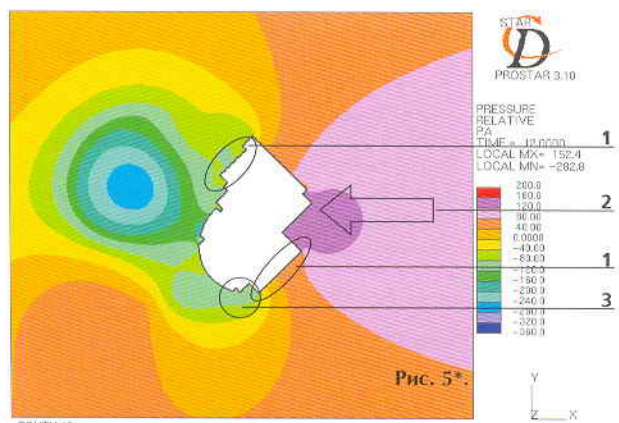


Рис. 5*

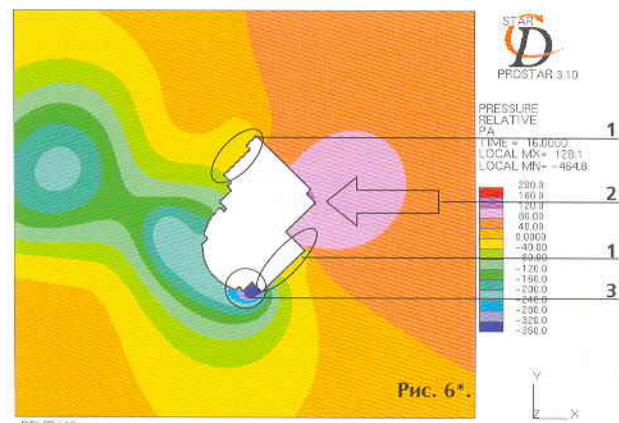


Рис. 6*

- 1- Зона знакопеременных ветровых нагрузок.
- 2- Общее направление постоянного ветрового потока со скоростью 12,5 м/с.
- 3- Локальная зона предельных нагрузок*.

* Рисунок размещен с разрешения ООО «Инжстройцентр-Н», по заказу которого проводились эти расчеты

ными знакопеременными нагрузками на фасадах. Более того, при построении численных CFD моделей распределения ветровых нагрузок была выявлена следующая серьезная проблема — картина распределения нагрузок на здании НЕ СОВПАДАЕТ с регламентируемой СНиП (!). Основные нагрузки распределяются не на углах, а по гладким стенам. Изучение российского и зарубежного опыта разрушений конструкции при ураганных ветрах под-

тверждает этот вывод. Актуальность этой задачи, невозможность ее решения на основе существующей нормативно-расчетной базы и наличие отрицательного опыта эксплуатации привело к тому, что ведущие НИИ приступили к разработке специальных программ для расчета ветровых нагрузок на здание с применением методик, принятых в других областях техники (самолетостроение, расчеты атмосферных и океанических потоков и т.д.).

Пример расчета ветровой нагрузки, проведенного НИИ Строительной физики, на жилое здание, расположенное по адресу: Москва, Тружеников переулок, вл. 2.

Характеристика объекта:

- жилой дом;
- высота 67 м;
- набережная Москвы-реки;
- НФС «ДИАТ» СД-01 Модифицированная. Облицовка — керамический гранит 1200 мм - 600 мм.

На рис. 4–6 представлена картина распределения ветровых нагрузок на здании при постоянной скорости потока ветра 12,5 м/с (направление — справа налево) с временным интервалом 3 сек.

При подготовке статьи были использованы следующие материалы

1. МГУ им. М.В. Ломоносова. Механико-математический факультет МГУ. Научно-исследовательский институт механики МГУ. Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. Апрель 2005 г. Тезисы докладов. Доклад Института механики МГУ, НИИ Строительной физики по теме: «Расчет аэродинамики и дождевого увлажнения стен высотных зданий» Авторы: С.Н. Бедаш, А.В. Борисов, В.Г. Гагарин, С.В. Гувернов, В.В. Козлов, Д.Н. Петров.

2. Междугородная конференция «Технологии, машины, оборудование, материалы и нормативное обеспечение для под-

земного и высотного строительства». Секция-2 «Высотное строительство». Сборник докладов. 25–27 января 2006 г.

2.1 Доклад «Опыт зарубежного и отечественного строительства». Генеральный директор ОАО ЦНИИЭП жилища д.т.н., проф. С.В. Николаев.

2.2. Доклад «Аэродинамические испытания высотных зданий». С.В. Николаев, д.т.н., проф., ген. дир. ОАО ЦНИИЭП жилища, Н.К. Капустян, д.ф.-м.н., ОАО-ЦНИИЭП жилища.

3.В.Г.Гагарин, В.В. Козлов. Теплотехнические особенности фасадов с вентилируемым воздушным зазором. (Сб. докл. 9-й конф. РНТОС, 2004, с. 37–39).

4. В.Г.Гагарин., В.В.Козлов, Е.Ю.Цыкановский. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором. // Журнал АВОВ, 2004, № 2–3.

5. ГУП ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Научно-технический отчет по теме «Прочность и деформативность системы «вентилируемого» фасада производства «ДИАТ». Этап 1–6. М, 2002.

6. ГУП ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Научно-технический отчет по теме «Анализ работы несущей системы «ДИАТ» наружной облицовки вентилируемых фасадов при действии расчетных нагрузок. Анализ напряженно-деформированного состояния системы», М., 2003.

7. РААСН, НИИ Строительной физики. Научно-технический отчет по теме «Расчеты влияния кронштейна ООО «ДИАТ-2000» на теплозащитные свойства здания, М., 2002

8. РААСН, НИИ Строительной физики. Заключение «О пределах теплового расширения направляющих вентилируемых фасадов ООО «ДИАТ-2000», М., 2002.

9. РААСН, НИИ Строительной физики. Научно-технический отчет по теме «Методика расчета теплотехнических параметров стены с облицовкой на основе, выполненной по системе ДИАТ», М., 2003.

10. Испытательный центр Эксперт-корр. МИСиС. Заключение № 02-06/04 по проведению комплексного анализа устойчивости к атмосферной коррозии и определение области применения и относительной долговечности различных металлов и их комбинаций в навесных ограждающих конструкциях в условиях реальных сред применения, М., 2004.

11. Отдел статических расчетов корпорации «МИГ». Выносимость навесной фасадной системы «ДИАТ» от знакопеременных ветровых нагрузок, М., 2005.

12. Отдел статических расчетов корпорации «МИГ». Частотные испытания фрагмента конструкции навесной фасадной системы «ДИАТ», М., 2005.

Автор выражает особую благодарность д.т.н., проф. В.Г. Гагарину; заместителю директора Института механики МГУ к.т.н. С.В. Гувернову; исполнителю директору ООО «ИнжстройцентрН» С.Н. Бедашу.