

## Учредитель журнала

ЦНИИЭП жилища

Журнал зарегистрирован  
Министерством РФ по делам  
печати, телерадиовещания  
и средств массовой информации  
№ 01038

## Главный редактор

Юмашева Е.И.

## Редакционный совет:

Николаев С.В.  
(председатель)

Баринова Л.С.  
Гагарин В.Г.  
Граник Ю.Г.  
Заиграев А.С.  
Звездов А.И.  
Ильичев В.А.  
Колчунов В.И.  
Маркелов В.С.  
Франивский А.А.

## Авторы

опубликованных материалов  
несут ответственность  
за достоверность приведенных  
сведений, точность данных  
по цитируемой литературе  
и за использование в статьях  
данных, не подлежащих  
открытой публикации

## Редакция

может опубликовать статьи  
в порядке обсуждения,  
не разделяя точку зрения автора

## Перепечатка

и воспроизведение статей,  
рекламных  
и иллюстративных материалов  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

## Редакция не несет ответственности

за содержание рекламы  
и объявлений

## Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

Тел./факс: (495) 976-22-08  
(495) 976-20-36

Телефон: (926) 833-48-13

E-mail: mail@rifsm.ru  
gs-mag@mail.ru

http://www.rifsm.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### Высотное строительство

В.Л. ИГОШИН, В.В. ЛЕБЕДЕВ

Учет начальных несовершенств крена зданий на стадии проектирования .....2

В.Г. ГАГАРИН, С.В. ГУВЕРНЮК, П.В. ЛЕДЕНЕВ

Аэродинамические характеристики зданий  
для расчета ветрового воздействия на ограждающие конструкции .....7

В.В. ХОЛЩЕВНИКОВ, И.С. КУДРИН

Анализ условий обеспечения требуемого уровня  
индивидуального пожарного риска в высотных зданиях .....11

А.Г. ТАМРАЗЯН

Ресурс живучести – основной критерий проектных решений  
высотных зданий .....15

М.Э. ФАРБЕР

Средство массовой эвакуации жителей из жилых высотных зданий .....19

Эволюция небоскреба: новые вызовы в эпоху изменения климата  
и экономического спада .....21

А.И. ЯЩЕНКО, О.В. ЕВСТАФЬЕВ, М.Я. БРЫНЬ

Геоинформационное обеспечение возведения башни «Бурж Дубай» .....25

К.Л. ЗОРИН

Перспективы развития современных высотных зданий .....29

### Информация

К 75-летию Валерия Митрофановича Острецова .....31

NI-TECH Building 2009 .....32

Программа строительства социальных объектов в Москве .....34

### Расчет конструкций

З.Г. ТЕР-МАТИРОСЯН, В.В. СИДОРОВ

Взаимодействие длинной барреты  
с однослойным и двухслойным основанием .....36

КНАУФ: проектируя будущее! .....40

Экологический дом – образ жизни .....41

В.А. ЕЗЕРСКИЙ, П.В. МОНАСТЫРЕВ, Р.Ю. КЛЫЧНИКОВ

Влияние параметров тепловой защиты здания  
на удельный расход тепловой энергии .....43

А.Е. МЕСТНИКОВ, Т.А. КОРНИЛОВ, А.Д. ЕГОРОВА, В.Н. РОЖИН

Легкие ограждающие конструкции жилых зданий  
для резко континентального климата Севера .....46

**На первой странице обложки:** жилой дом переменной этажности со встроенно-пристроенным объемом и подземной автостоянкой (Хабаровск, ул. А. Гайдара, 2007 г.).

Авторский коллектив: арх. А.Г. Горковенко, ГАП В.А. Васильев; конструкторы Г.Ф. Чернецова, Г.И. Максименко, Е.Г. Пахомова; ГИП А.С. Гринкевич. Нач. мастерской № 2 В.В. Васягина (КГУП «Хабаровскгражданпроект»).

**Особенности проекта:** жилой дом секционного типа, переменной этажности (13–19 эт.), со встроенно-пристроенным одно-двухэтажным объемом предприятий обслуживания, объемом водопроводной насосной станции в пристройке, а также с подземной двухэтажной автостоянкой на 87 машино-мест. Площадь участка строительства 20417 м<sup>2</sup>; общая площадь застройки 2364,56 м<sup>2</sup>; строительный объем 63649 м<sup>3</sup>; жилая площадь 8532,1 м<sup>2</sup>; количество квартир 82.

УДК 624.04

*В.Л. ИГОШИН канд. техн. наук, (igoshinvl@yandex.ru), В.В. ЛЕБЕДЕВ инженер, (pgs1985@yandex.ru), Институт градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета (Красноярск)*

## Учет начальных несовершенств крена зданий на стадии проектирования

*Произведено сравнение предлагаемого варианта с соответствующими нормативными положениями России и стандартами Евросоюза, Германии и США. Сравнение всех вариантов производилось с результатами полной оценки влияния крена на основании специальной методики, с учетом физической нелинейности деформирования материалов. Даны предложения по коррекции российских норм и практического использования предлагаемого метода.*

**Ключевые слова:** крен, напряженно-деформируемое состояние, несущие элементы, эксцентриситет.

Оценка влияния начальных несовершенств вследствие крена здания и (или) смещения от вертикали несущих элементов на стадии проектирования не является в настоящее время массовой практикой в России.

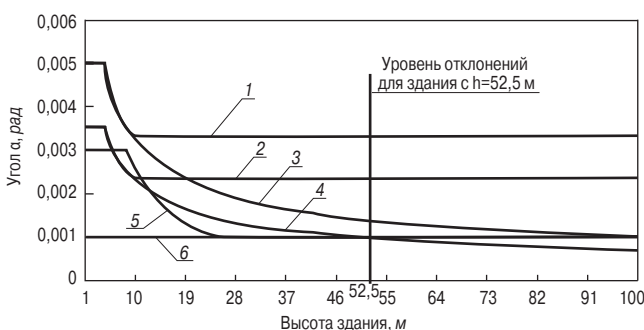
Одно из существующих мнений состоит в том, что учет этого фактора заложен в назначении случайного эксцентриситета. Однако случайный эксцентриситет в существующих вариантах применения крайне затруднительно назвать даже обобщенной оценкой данного явления, так как использование этого параметра ограничено целым рядом факторов, что не позволяет отнести его к числу постоянно действующих параметров. Вместе с тем экспериментальная проверка показывает, что начальные несовершенства крена зданий проявляются для всех видов используемых конструкций и строительных технологий. Поэтому учет или недостаточный учет начальных несовершенств крена здания и его элементов равнозначен, по мнению авторов, пренебрежению действием условной нагрузки, оказываю-

щей существенное влияние на напряженно-деформируемое состояние (НДС) здания [1, 2].

В России границы возможных отклонений от вертикали на стадии проектирования и строительства могут регламентироваться согласно СНиП 3.03.01–87 «Несущие и ограждающие конструкции. Строительные нормы и правила» и сопряженными с ним ТСН 31-332–2006 «Жилые и общественные высотные здания. Территориальные строительные нормы»; Пособию по расчету каменных и армокаменных конструкций к СНиП II-22–81; Рекомендациям по монтажу стальных строительных конструкций к СНиП 3.03.01–87. Оценка жесткости каркаса и отдельных его элементов от ветровой нагрузки, крена фундаментов и температурных климатических воздействий на горизонтальные смещения производится согласно СНиП 2.01.07–85\* «Нагрузки и воздействия. Строительные нормы и правила»; СТО 36554501-015–2008 «Нагрузки и воздействия»; СТО 36554501-014–2008 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».

Зарубежные нормы EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. введ. 2004-04-16; EN 13670:2005 Execution of concrete structures; DIN 1045-1:2001–07. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Teil1: Bemessung und Konstruktion. введ. 2001-07; ACI 117–06 Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary имеют свой набор требований и критериев для оценки и учета начальных несовершенств крена здания и его элементов на стадии проектирования и строительства. На рис. 1 представлено сравнение данных требований согласно европейским, немецким и американским нормам, где для сравнения представлены требования российского СНиП 3.03.01–87. Как следует из представленных данных, наиболее широкий диапазон требований к данному фактору и, следовательно, наибольшее влияние на НДС и соответствующее увеличение армирования предопределят EN 1992-1-1. Eurocode 2.

В данной работе поставлена задача на примере железобетонного монолитного каркасного здания выбрать наиболее рациональный для практического применения метод учета данного фактора, который должен:



**Рис. 1.** Сравнение допустимого крена здания в соответствии с зарубежными и российскими нормами: 1 – Eurocode 2: EN 1992-1-1 (угол отклонения для зданий, ядро жесткости которых воспринимает более 50% всей вертикальной нагрузки (максимальное значение)); 2 – Eurocode 2: EN 1992-1-1 (угол отклонения для зданий, имеющих более 20 вертикальных несущих элементов на одном этаже (минимальное значение)); 3 – DIN 1045-1 (угол отклонения для зданий, ядро жесткости которых воспринимает более 50% всей вертикальной нагрузки (максимальное значение)); 4 – DIN 1045-1 (угол отклонения для зданий, имеющих более 20 вертикальных несущих элементов на одном этаже (минимальное значение)); 5 – ACI 117–06; 6 – СНиП 3.03.01–87 «Несущие и ограждающие конструкции»

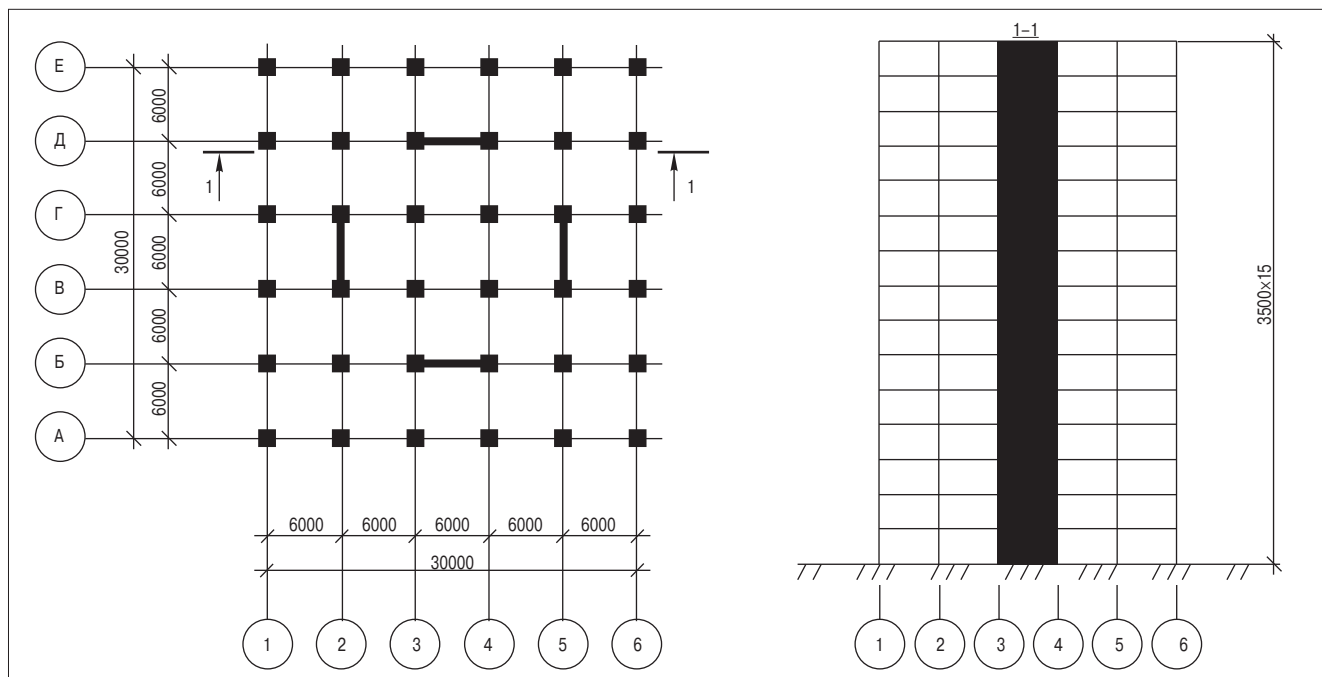


Рис. 2. Общий вид исследуемого здания

– исключить возможность недоармирования любого из вертикальных несущих элементов по сравнению с полным учетом [3] влияния начальных несовершенств более чем на 2–3%;  
– не допускать необоснованного увеличения сечения и армирования более чем на 5%.

Подбор армирования осуществлялся в проведенном исследовании по площади. Уровень переармирования или недоармирования в 5% был по аналогии с традиционным подходом выбран за критический, то есть требующий корректировки. На практике при подборе армирования по сортаменту этот уровень обычно соответствует необходимости изменить армирование на один шаг.

Начальные предельные условия были сориентированы в данном исследовании на требования СНиП 3.03.01–87 и сравнивались с аналогичными требованиями EN 1992-1-1. Eurocode 2.

Перед началом исследования неизвестна истинность, надежность, достаточность и достоверность рассматриваемых методов и требований. Оценить это возможно только при наличии критерия. В качестве такого критерия для сравнения с получаемыми результатами авторы использовали результаты расчетов по методике полной оценки влияния начального несовершенства крена здания [3].

Авторами предпринята попытка усовершенствовать данную методику за счет учета физической нелинейности деформирования материалов. Цель учета физической нелинейности деформирования материалов – приближение характеристик расчетной схемы к реальным физическим процессам, проявляющимся при строительстве и эксплуатации реальных зданий.

Многовариантные расчеты проводились на примере плоской расчетной схемы (рис. 2), представляющей характерное сечение 15-этажного железобетонного здания высотой 52,5 м с ребрами жесткости с использованием ПК «Лира 9.6». Проверка показала, что результаты расчетов, выполненные с применением плоской расчетной схемы и аналогичные результаты, полученные согласно простран-

ственному расчету здания в соответствии с методикой, изложенной в [3], имеют близкие значения. Использованная последовательность расчетов показана на рис. 3.

Для проверки правильности выбора базовых расчетных условий было произведено сравнение полученных результатов расчета плоской расчетной схемы с учетом плавающей, ломаной синусоиды, ось которой расположена вертикально по определению уровня армирования: 1-е – при использовании упругой расчетной схемы; 2-е – с учетом физической нелинейности деформирования материалов. Выяснилось, что дополнительное армирование в диапазоне 5–10% потребовалось в расчете по упругой схеме для 2% колонн, а в случае аналогичной оценки с учетом физической нелинейности деформирования материалов для 7% колонн. Этот факт обосновывает необходимость выполнения подобных оценок обязательно с учетом физической нелинейности.

Данное исследование основано на сравнении рассматриваемых методов и требований с полным расчетом с использованием плавающей ломаной синусоиды. Крен здания практически не реализуется в виде прямого наклона. Реальное, строящееся здание – это объект, при строительстве ко-

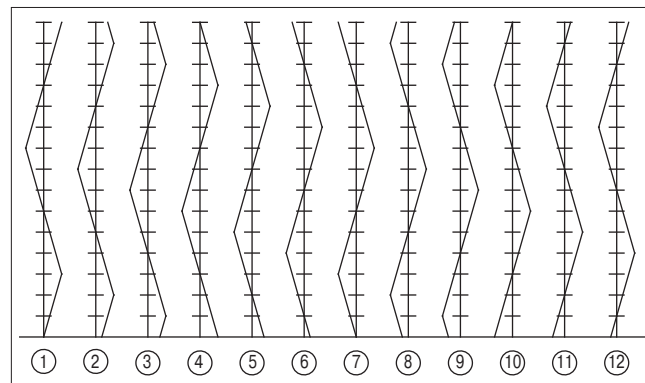


Рис. 3. Последовательное изменение положения ломаной синусоиды при выполнении полной серии поверочных расчетов в соответствии с [1]

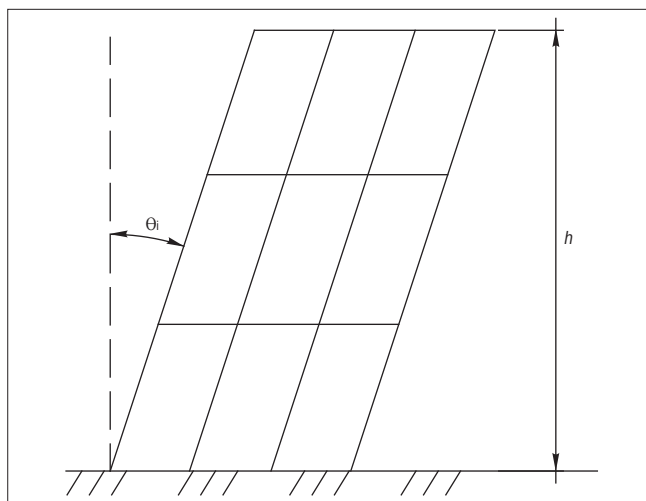


Рис. 4. Расчетная схема с учетом требований EN 1992-1-1

того последовательно реализуется стремление выплнить его в строго вертикальном положении. Возникающие в ходе строительства случайные поэтажные отклонения строители, как правило, пытаются выправить за счет соответствующего обратного сдвига вышерасположенного этажа или этажей. Поэтому поэтажная экспериментальная проверка положения несущих элементов строящегося здания, как правило, представляют собой ломаную кривую, центральная ось которой стремится к вертикальности. По мнению авторов, корректнее говорить чаще всего не о прямолинейном крене всего здания, а о крене оси ломаной кривой. Факт возможных поэтажных отклонений учитывается и в российских и в европейских нормах, однако в данных документах отсутствует упоминание о совместном обязательном их учете вместе с рассматриваемым общим креном здания.

Согласно п. 5.2 (5) EN 1992-1-1 оценка начальных несовершенств крена здания на вертикальные элементы несущей системы производится либо путем отклонения расчетной схемы на угол  $\theta_i$  (рис. 4), либо согласно п. 5.2 (9) EN 1992-1-1, когда каждому вертикальному элементу присваивается случайный эксцентриситет продольной силы, равный  $e_i = l_0/400$  (где  $l_0$  – расчетная длина элемента), однако в том и другом случаях полный момент, возникающий в элементе, не должен быть меньше момента, равного произведению продольной силы, действующей в сечении элемента, умноженной на случайный эксцентриситет, взятый по п. 6.1 EN 1992-1-1 ( $e_0 = h/30$ , но не менее 20 мм;  $h$  – высота сечения в направлении изгиба).

Авторы предлагают использовать для зданий, имеющих постоянную структуру расположения несущих элементов по высоте и имеющих относительный вклад в несущую способность ядра жесткости или диафрагм жесткости не более 50%, альтернативное предложение по учету влияния начальных несовершенств, состоящее в следующем:

- задается проектный наклон оси ломаной синусоиды, ее амплитуда и длина волны. Производится расчет плоского сечения здания или его пространственной системы с учетом физической нелинейности материалов. Расчет производится по синусоиде, берущей начало в нижней точке вертикальных несущих элементов здания. Более точный результат можно получить при двух расчетах с использованием отраженной относительно своей оси синусоиды;

- по полученным данным определяется максимальное относительное увеличение момента во всех вертикальных

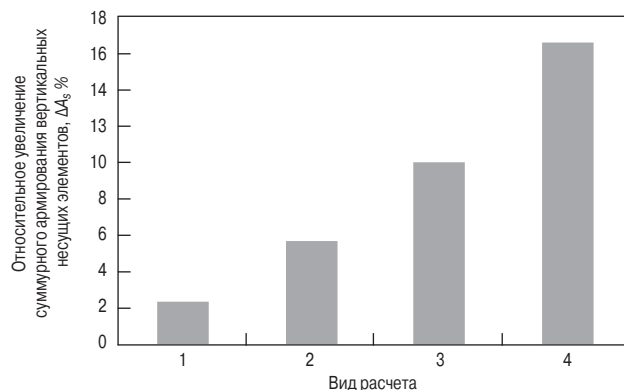


Рис. 5. Относительное увеличение армирования вертикальных элементов здания с вертикальной осью синусоиды: 1 – полный расчет с использованием плавающей ломаной синусоиды; 2 – предлагаемый авторами вариант однократного расчета по синусоиде (вариант 3); 3 – расчет в соответствии с п. 5.2(9) EN 1992-1-1 (вариант 2); 4 – увеличение моментов на  $\Delta M = N \cdot e_0$  (вариант 4)

элементах. При этом моменты, имеющие значения  $M < N \cdot e_0$ , не рассматриваются в данном сравнении;

- момент, определенный для каждого вертикального элемента при расчете по вертикальной расчетной схеме, увеличивается в соотношении, зафиксированном для максимального значения относительного увеличения, полученного в вышеприведенном расчете, или согласно двум расчетам с использованием отраженной относительно своей оси синусоиды. При этом данное увеличение момента не должно превышать величину  $\Delta M \leq N \cdot e_0$ .

Была поставлена задача проверить и сравнить при одинаковых наклонах оси здания эффективность учета начальных несовершенств крена здания и его несущих элементов согласно следующим вариантам:

**Вариант 1.** Согласно требованиям п. 5.2 (5) EN 1992-1-1 посредством отклонения расчетной схемы на заданный угол. В целях повышения эффективности данного способа рассматривался вариант зеркального отражения наклона относительно вертикальной оси здания.

**Вариант 2.** Согласно п. 5.2 (9) EN 1992-1-1, в соответствии с которым каждому вертикальному элементу присваивается случайный эксцентриситет в зависимости от геометрических параметров и граничных условий закрепления данного элемента.

**Вариант 3.** Согласно предложению авторов, изложенному выше.

**Вариант 4.** Согласно условно упрощенному варианту, предусматривающему увеличение действующего момента на величину  $N \cdot e_0$ , где  $e_0$  – случайный эксцентриситет согласно российским строительным нормам.

В качестве конечного результата таких расчетов, удобного для сравнения, рассматривалось относительное увеличение армирования, при котором за 100%, или, иначе говоря, за условную «базу», принималось армирование, соответствующее строго вертикальному зданию. Для обеспечения единообразия подбор армирования производился по программе «Ли́ра 9.6» согласно российским нормам.

Для всех расчетов с использованием синусоиды ее амплитуда назначалась на уровне, близком к максимальным требованиям согласно СНиП 3.03.01–87 для поэтажных отклонений. В практическом смысле это означало следующее. Ось несущих вертикальных элементов 1-го этажа отклонялась в одну сторону на 15 мм. Такое же отклонение

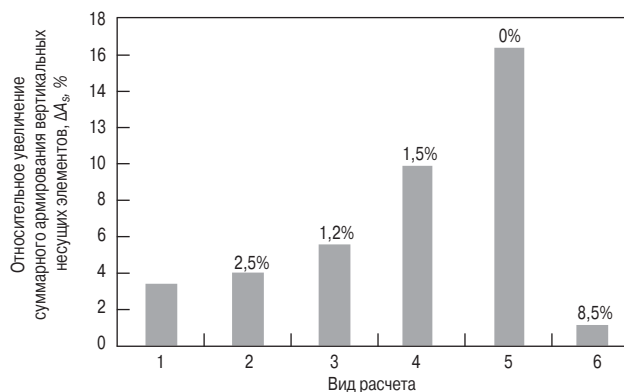
в выбранную сторону назначалось для 2-го и 3-го этажей. Через 3 этажа суммарное отклонение от оси синусоиды  $3 \times 15 = 45$  мм. С этого уровня отклонение, соответствующее 15 мм на каждый этаж, принималось в обратную сторону, до тех пор пока не достигалось отклонение 45 мм в противоположную сторону от оси синусоиды. Дополнительный аргумент, обосновывающий использование данного уровня поэтажных отклонений, состоит в том, что он усредненно соответствует фактическим экспериментальным измерениям реальных зданий. Таким образом, применение ломаной синусоиды является фактически расчетным учетом объективной реальности.

Первый тест соответствующих расчетов был произведен для здания, имеющего строго вертикальную ось. В этом случае выполнение расчета по варианту 1 не выполнялось. Полный расчет с учетом плавающей, ломаной синусоиды показал необходимость увеличения суммарного армирования по всем вертикальным несущим элементам на 2,2% (рис. 5). Практически это означает, что если не произвести данную корректировку армирования, то около 10% всех несущих вертикальных элементов будут недоармированы более чем на 5%. Все остальные варианты учета влияния начальных несовершенств, рассматриваемые в данном исследовании, сравниваются с этим «базовым» расчетом по всем без исключения вертикальным несущим элементам.

Было произведено сравнение эффективности каждого из рассматриваемых вариантов посредством выявления факта наличия элементов, которые не получили требуемого армирования по сравнению с результатом полного расчета. Результаты расчета согласно условиям данного теста показали, что все варианты 2-го, 3-го, 4-го методов учета несовершенств обеспечили требуемое армирование. При этом вариант 3 потребовал минимального увеличения суммарного армирования.

Второй тест производился для здания, имеющего максимальное допустимое отклонение согласно СНиП 3.03.01–87, то есть равное  $h_{\text{здания}}/1000$ . Результаты соответствующих расчетов представлены на рис. 6. Было выявлено, что условие прямолинейного наклона здания и его элементов фактически не работает по сравнению с полной оценкой, выполненной с учетом плавающей ломаной синусоиды, ось которой наклонена на такой же угол. Так, например, если принять за 100% число элементов, требующих дополнительного армирования более чем на 5% согласно полной оценке, то данный расчет не регистрирует 80% из их числа. Практически это означает, что если не произвести данную корректировку армирования, то около 10% всех несущих вертикальных элементов будут недоармированы на 5–8,5%. Вместе с тем, как видно из рис. 6, варианты расчетов № 2, 3, 4, 5 не имеют вертикальных несущих элементов, требующих корректировки армирования более 5%. Максимальные отклонения армирования в меньшую сторону для них составляют 2,5% для второго варианта. Но рассматриваемые варианты заметно отличаются при этом по величине изменения суммарного армирования в %, о чем свидетельствует высота соответствующих столбцов на рис. 6.

Вариант расчета здания в виде прямолинейного наклона, по сути, является идеализацией расчетной схемы, близкой к идеализации расчета вертикально расположенной расчетной схемы. К оценке влияния начальных несовершенств подобные расчеты практически отношения не имеют, так как дают ложный результат оценки и НДС и требуемого армирования по сравнению с полной серией расчетов



**Рис. 6.** Относительное увеличение армирования вертикальных элементов здания, имеющего равномерное отклонение  $h/1000$ : 1 – полный расчет с использованием плавающей, ломаной синусоиды; 2 – предлагаемый авторами вариант однократного расчета по синусоиде (вариант 3); 3 – предлагаемый авторами вариант, содержащий два расчета с зеркально отраженной синусоидой относительно собственной оси (вариант 3); 4 – расчет в соответствии с п. 5.2 (9) EN 1992-1-1 (вариант 2); 5 – увеличение моментов на  $\Delta M = N \cdot e_0$  (вариант 4); 6 – расчет по методике п. 5.2 (5) EN 1992-1-1 (вариант 1). Цифры над столбцами показывают максимальный % недоармирования, т.е. снижение армирования хотя бы у одного вертикального несущего элемента по сравнению с аналогичным армированием данного элемента при полном учете влияния начальных несовершенств

с использованием плавающей ломаной синусоиды, ось которой наклонена на такой же угол.

При выполнении данного теста был получен дополнительный, неожиданный результат. Было зафиксировано внутреннее противоречие требований EN 1992-1-1 согласно вариантам 1 и 2. Выяснилось, что элементы, требующие дополнительного армирования согласно вариантам 1 и 2, в основном не совпадают.

Третий тест производился при назначении расчетного прямолинейного отклонения согласно п. 5.2 (5) EN 1992-1-1, составившему для данного здания  $h_{\text{здания}}/390$ . Результаты поверочных полных расчетов с учетом плавающей синусоиды показали, что данный уровень отклонений целесообразно отнести не к расчетным, а скорее к числу условно аварийных. Данное предположение основано на том, что если на стадии проектирования учесть соответствующее данному случаю дополнительное требуемое армирование, то потребуются увеличить армирование на 20% и более по сравнению с расчетом при вертикальной расчетной схеме. По мнению авторов, данный случай целесообразно отнести к ситуации мониторинга за состоянием здания, согласно которому регистрируется уровень отклонений, при котором требуется усиление вертикальных несущих конструкций.

Проведенные расчеты показали, что допустимый уровень проектных, расчетных оценок и требований должен находиться примерно на уровне требований СНиП 3.03.01–87.

Результаты третьего теста показали, что элементы, требующие дополнительного армирования согласно вариантам 1 и 2 EN 1992-1-1, также в основном не совпадают.

Аналогичные расчеты для зданий, имеющих иное количество этажей, дали по всем показателям подобные результаты. Таким образом:

– предлагаемый авторами метод учета начальных несовершенств крена является наиболее эффективным среди рассмотренных вариантов. Он позволяет, с одной стороны, обеспечить с точностью в пределах 5% необходимый уровень дополнительного армирования, а с другой – предохра-

няется от возможности излишнего расхода арматуры. Предлагаемый метод позволяет также включать в него уточняющие оценки, например геометрическую нелинейность, учет монтажа и др. Подобные оценки могут уточнить получаемый результат, так как приближают расчетную схему к реальной работе сооружения. Возможность применения данного метода не зависит от вида используемых конструкций, материалов и технологий. Метод легко приспособить практически к любым расчетным условиям;

– необходимо уточнить требования учета начальных несовершенств крена в нормативных документах, регламентирующих проектирование и расчет многоэтажных зданий с применением железобетонных, металлических, каменных, деревянных и составных конструкций, посредством использования ломаной синусоиды, определяющей положение их вертикальных несущих элементов;

– за основу проектных требований при учете начальных несовершенств крена многоэтажных зданий в российских нормах авторы предлагают принять требования к общему крену и к поэтажным отклонениям, соответствующие СНиП 3.03.01–87, скорректированные следующим образом: предельное отклонение здания, соответствующее уровню  $h/1000$ , предлагается рассматривать одновременно с возможностью проявления поэтажных отклонений на уровне, соответствующем действующей редакции данного документа или на близком к этому уровню;

– аналогичное использование данного метода позволяет скорректировать армирование ригелей и других горизонтальных элементов. Проведенные расчеты показали, что необходимый уровень такой корректировки при наличии жестких

узлов сопряжения близок к уровню соответствующей корректировки вертикальных элементов. Вместе с тем авторам не удалось найти в действующих российских нормативных документах упоминания о возможности или необходимости такой корректировки при проектировании. Представляется целесообразным внести в строительные нормы России соответствующие пункты, предусматривающие подобную корректировку при проектировании для горизонтальных элементов;

– для одноэтажных и малоэтажных зданий и сооружений независимо от вида применяемых материалов, технологий и конструктивных решений авторы предлагают учитывать начальные несовершенства крена с использованием упрощенного метода, представленного в данной статье как вариант 4;

– гармонизация требований российских и европейских норм должна производиться с обязательной проверкой совместимости и достоверности их расчетных положений.

#### Список литературы

1. Игошин В.Л., Енджиевский Л.В., Лебедев В.В. Оценка влияния начальных несовершенств крена здания // Жилищное строительство. 2009. № 8. С. 8–12.
2. Игошин В.Л., Лебедев В.В., Башаров К.Г. Крен как необходимый фактор учета при проектировании // Сб. научн. тр. Международного симпозиума «Современные металлические и деревянные конструкции». Брест, 15–18 июня 2009 г. С. 92–97.
3. Игошин В.Л. Крен. Методика учета начальных несовершенств // Материалы Международных академических чтений 9–11 апреля 2009 г. «Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения». Курск, 2009. С. 75–78.

**17-19 марта**  
**Ростов-на-Дону**

**ВЫСТАВКА**

**СТИМЭкспо**

СТРОИТЕЛЬСТВО. ГОРОД-ЖКХ. ВОДА. ТЕПЛО.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ**

ВЕРТОЛ Экспо  
Выставочный центр

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР: Стройка группа газет

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР: BLZKO РЕМОНТ

РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30  
ТЕЛ./ФАКС (863) 268-77-68  
SALES@VERTOLEXPO.RU; WWW.VERTOLEXPO.RU

Информационно-консалтинговая фирма

**«ИТКОР»**

при поддержке журнала  
**«Строительные материалы»®**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

приглашают на конференцию  
**«Строительство и промышленность строительных материалов в цифрах и фактах: итоги 2009 года, перспективы 2010 года».**

**18 февраля 2010 г. Москва**

В программе:

- Итоги работы строительного комплекса России в 2009 г.
- Российский рынок цемента
- Проблемы и перспективы гипсовой отрасли
- Производство и потребление высококачественного щебня
- Состояние и перспективы развития рынка стеновых материалов
- Количественные и качественные изменения на рынке мягких кровельных материалов
- Российский рынок сухих строительных смесей

Конференция ориентирована на руководителей предприятий-производителей строительных материалов, представителей финансово-инвестиционных структур, строительных организаций.

**Тел./факс: (495)232-47-56, (499)143-69-23**  
ikf-itcor@ikf-itcor.ru, itkor@mail.ru.http://www.ikf-itcor.ru

УДК 711.641

В.Г. ГАГАРИН, *д-р техн. наук, НИИСФ РААСН;*  
С.В. ГУВЕРНЮК, *канд. физ-мат. наук,*  
П.В. ЛЕДЕНЕВ, *инженер (ledenev@list.ru), НИИ механики МГУ (Москва)*

## Аэродинамические характеристики зданий для расчета ветрового воздействия на ограждающие конструкции

*Представлен обзор современных методов определения ветрового воздействия на ограждающие конструкции здания: инженерные расчеты по справочным данным, экспериментальные испытания в аэродинамической трубе, численное компьютерное моделирование. Приведены особенности и примеры применения каждого из этих методов.*

**Ключевые слова:** аэродинамические характеристики, высотные сооружения, ограждающие конструкции, экспериментальные исследования, компьютерное моделирование.

Нормативные документы, регламентирующие в РФ порядок определения ветрового воздействия на здания и сооружения СНиП 2.01.07–85 «Нагрузки и воздействия» и МГСН 4.19–2005 «Многофункциональные высотные здания и комплексы», не могут охватить все современные архитектурные решения. Поэтому в СНиП 2.01.07–85 отмечено, что при сложных формах сооружений «аэродинамические коэффициенты допускается принимать по справочным и экспериментальным данным или на основе результатов продувок моделей конструкций в аэродинамических трубах». Такие исследования проводятся в специализированных лабораториях, обладающих соответствующей технической базой и квалифицированными кадрами.

Бурное развитие компьютерных технологий и техники в последние десятилетия предоставило проектировщикам еще один мощный инструмент для определения ветровых нагрузок – компьютерное моделирование аэродинамических воздействий, CFD (Computational fluid dynamics).

**Аэродинамические характеристики здания.** С точки зрения аэродинамики высотные здания представляют собой типичные плохообтекаемые объекты среднего относительного удлинения ( $H/D=3-6$ ). На рис. 1 схематично представлена картина течения около одного из таких сооружений. Средняя скорость ветрового потока ( $U(z)$ ) в приземном слое, толщина которого более 300 метров, возрастает с высотой  $z$  над уровнем подстилающей поверхности [1, 2]. Течение с наветренной стороны здания характеризуется наличием нисходящих потоков в нижней части фасада, у подветренной стороны происходит сильное понижение давления. Возникающие возвратно-циркуляционные зоны у подветренной и боковых сторон здания являются существенно переменными во времени, что приводит к дополнительным динамическим нагрузкам на ограждающие конструкции здания [1, 3].

Давление на поверхности здания выражают в безразмерном виде через аэродинамический коэффициент давления  $C_p$ :

$$C_p = \frac{p - p_0}{0,5\rho U_0^2}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ ;  $p_0$  – атмосферное давление, Па;  $p$  – давление в точке на поверхности здания, Па;  $U_0$  – характерная скорость потока «на бесконечности» вне области распространения возмущений, связанных с обтеканием здания, м/с. В ряде случаев в качестве характерной для всего здания берется скорость невозмущенного ветрового потока на максимальной высоте здания, т. е. принимается  $U_0=U(H)$ . В других случаях, например в СНиП 2.01.07–85 и МГСН 4.19–2005, подразумевается, что  $U_0=U(h)$ , т. е. берется скорость настилающего ветрового потока на уровне  $z=h$  для точки фасада, в которой определяется давление  $p$  в формуле (1).

Следует подчеркнуть, что само по себе числовое значение аэродинамического коэффициента  $C_p$  без указания способа определения  $U_0$  не позволяет судить о действительном ветровом воздействии. При определении  $U_0$  нужно всегда указывать дополнительные условия. Изменение скорости ветра по высоте в приземном пограничном слое означает, что набегающий ветровой поток изначально является завихренным, поэтому даже в простейшем приближении идеальной жидкости, применяя уравнение Бернулли:

$$p + \frac{1}{2}\rho U^2 = \text{const}, \quad (2)$$

где  $p$  – давление;  $U$  – модуль скорости потока;  $\rho$  – плотность жидкости, надо учитывать, что правая часть является константой только вдоль линий тока, а не во всем пространстве. Представление этой константы [3] в виде:

$$p + \frac{1}{2}\rho U^2 = p_0 + \frac{1}{2}\rho U_0^2 \quad (3)$$

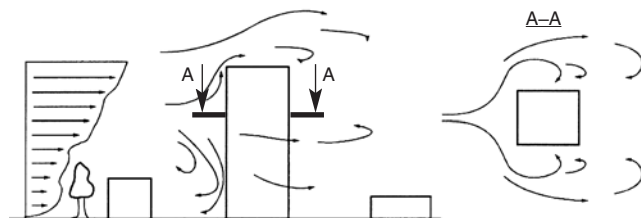


Рис. 1. Схема обтекания ветровым потоком высотного здания

и последующее преобразование (1) с использованием (3):

$$C_p = \frac{0,5\rho(U_0^2 - U^2)}{0,5\rho U_0^2} = 1 - \left(\frac{U}{U_0}\right)^2 \quad (4)$$

оставляет открытым вопрос о дополнительном определении высоты  $z=z_0$ , с которой пришла линия тока в рассматриваемую точку, и соответственно о величине  $U_0=U(z_0)$  в выражениях (1), (4) для  $C_p$ .

Методы, используемые для расчетов нагрузок при проектировании зданий, можно разбить на три основных класса: приближенные инженерные методики расчета, методы экспериментального моделирования и методы численного моделирования. Каждый из этих методов обладает как преимуществами, так и недостатками, поэтому целесообразно использовать их сочетание.

#### Теоретическое обоснование инженерных методик.

Приближенные инженерные методики базируются на известных данных о характеристиках приземного пограничного слоя, а также на различных экспериментальных и теоретических сведениях о свойствах обтекания тел воздушным потоком, выраженных в виде таблиц коэффициентов. Для практического применения этих методик к высотным зданиям требуются дополнительные исследования по определению параметров, учитывающих специфику конкретного объекта.

В инженерных методиках СНиП 2.01.07–85 и МГСН 4.19–2005 по умолчанию принимается гипотеза плоских сечений, согласно которой  $z_0=h$ , т. е. берется  $U_0=U(h)$  для того же горизонта, на котором определяется  $C_p$ . При этом для наветренных фасадов значение  $C_p$  близко к 1, а для подветренных и угловых зон значение  $C_p$  принимается до  $C_p \approx -2$ . В областях, где течение существенно трехмерное, гипотеза плоских сечений может приводить к большим погрешностям.

Турбулентная нестационарная природа ветрового потока, а также возникающие в процессе обтекания сооружения периодические вихревые структуры, приводят к тому, что значения аэродинамического коэффициента давления также меняются во времени. Поэтому внешнее давление на поверхности фасадов и покрытия характеризуется средним значением и пульсационной составляющей. Физическая природа пульсаций давления определяется двумя основными факторами. Во-первых, наличием в настиляющем ветровом потоке естественных турбулентных колебаний скоростного напора (пульсации первого рода); во-вторых, образованием и нестационарным срывом вихрей при обтекании фасадов здания (пульсации второго рода).

В существующих строительных нормах при определении аэродинамических характеристик применяется так называемый квазистационарный подход, смысл его в следующем. Изменение давления (по отношению к атмосферному) в точке поверхности фасада здания записывается как:

$$p(t) = 0,5C_{po}\rho U(t)^2, \quad (5)$$

где  $C_{po}$  – некоторый квазистационарный коэффициент давления при постоянной скорости, соответствующей среднему значению  $U(t)$ . Раскладывая  $U(t)$  на среднюю и пульсационную составляющие, получаем:

$$p(t) = 0,5C_{po}\rho[\bar{U} + u'(t)]^2 = 0,5C_{po}\rho[\bar{U}^2 + 2\bar{U}u'(t) + u'(t)^2], \quad (6)$$

$$u'(t) = u'_1(t) + u'_2(t),$$

где  $u'_1$  и  $u'_2$  – первичные и вторичные пульсационные составляющие соответственно. По природе своей первичные

пульсации, присущие набегающему ветровому потоку, являются одной из его характеристик. Возникновение вторичных пульсаций связано с нестационарным обтеканием строительного сооружения и теми возмущениями, которые вносят в поток выступающие остроугольные грани строительного объекта. Отсюда среднее по времени значение давления равно:

$$\bar{p} = 0,5C_{po}\rho[\bar{U}^2 + \sigma_u^2], \quad \sigma_u = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T [U(t) - \bar{U}]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

где  $\sigma_u$  – среднее квадратичное отклонение. Для малой турбулентной интенсивности значение дисперсии мало по сравнению с квадратом среднего. Тогда значение квазистационарного коэффициента давления  $C_{po}$  приблизительно равно среднему значению коэффициента давления

$$\bar{p} \cong 0,5C_{po}\rho\bar{U}^2 = 0,5\bar{C}_{p}\rho\bar{U}^2. \quad (8)$$

Путем вычитания из обеих частей выражения (6) соотношения для средней составляющей ветрового давления (8) приходим к выражению для пульсации давления:

$$p'(t) = 0,5C_{po}\rho[2\bar{U}u'(t) + u'(t)^2]. \quad (9)$$

Пренебрегая дисперсией (второй член в квадратных скобках) и взяв среднее, получаем выражение, связывающее среднее квадратичное отклонение давления со средним квадратичным отклонением скорости:

$$\bar{p}' \cong \bar{C}_{p}\rho\bar{U}\bar{u}'. \quad (10)$$

Если использовать обозначения СНиП [2], то с учетом того, что

$$w_0 = 0,61U_{10}^2 = 0,5\rho U_{10}^2; \quad w_m = w_0 k(z) \bar{C}_p = 0,5\rho \bar{U}^2 \bar{C}_p,$$

где  $U_{10}$  «численно равно скорости ветра, м/с, на уровне 10 м над поверхностью земли для местности типа А, соответствующей 10-минутному интервалу осреднения и превышаемой в среднем раз в 5 лет» [2];  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, а  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления, (10) можно преобразовать к виду:

$$\frac{\bar{p}'}{w_m} \cong \frac{\bar{C}_p \rho \bar{U}^2 \bar{u}'}{\bar{U}} = w_m \frac{2\bar{u}'}{\bar{U}}, \quad (11)$$

где  $\bar{u}'/\bar{U} = I$  есть не что иное, как определение интенсивности турбулентных пульсаций ветрового потока.

Соотношение (11) аналогично выражению для пульсационной составляющей ветровой нагрузки по СНиП 2.01.07–85:

$$w_p = w_m \zeta(z), \quad (12)$$

где  $w_m$  – стационарная составляющая нагрузки;  $\zeta$  – коэффициент, учитывающий изменение пульсаций давления ветра с высотой  $z$ , представленный в СНиП 2.01.07–85 в табличном виде для трех основных типов шероховатости подстилающей поверхности. Для того чтобы учесть неоднородность достижения максимумов и минимумов в пульсациях давления на различных площадках фасадов, вводится коэффициент пространственной корреляции  $0 < v < 1$ , зависящий от размеров участка фасада, для которого определяется результирующая пульсационная нагрузка  $w_g = w_p v$  по СНиП 2.01.07–85 и МГСН 4.19–2005. Выражение (12) учитывает пульсации ветровой нагрузки только первого рода.

Квазистационарный подход позволяет определить пульсации ветровой нагрузки, опираясь на задаваемые пульса-



ционные характеристики скорости настилающего ветра. Недостатком рассматриваемых инженерных методик является отсутствие учета вторичных возмущений и нагрузок, которые могут возникать при отрыве потока от фасадов здания. Для назначения пульсаций второго рода данные в нормативных документах отсутствуют, их можно определять только в результате решения задачи обтекания конкретных зданий методами численного или физического экспериментов.

Можно еще отметить, что пульсации давления на фасадах здания в некоторых случаях могут приводить к возбуждению упругих колебаний в его конструкциях. При этом элементы фасадов будут испытывать дополнительную удельную нагрузку  $w_k$ , пропорциональную знакопеременным ускорениям смещения при упругих колебаниях. Следует подчеркнуть различную физическую природу величин  $w_p$  и  $w_k$ . Если первая определяется непосредственно давлением, которое можно измерить, например датчиком давления на поверхности фасада, то вторая – силой инерции при колебаниях конструкции под действием независимых пульсаций давления  $w_p$ . Таким образом, вопрос нахождения динамических нагрузок  $w_k$ , вызванных упругими колебаниями, не есть предмет непосредственно аэродинамического исследования. Это уже вопрос использования данных аэродинамического исследования. И решается он, как правило, на основе специальных математических моделей малых аэроупругих колебаний конструкций при заданных возбуждающих силах давления, не зависящих от самих колебаний. Однако ни в одной из нормативных методик нет ясных указаний на эти различия, что зачастую приводит к путанице при проведении практических инженерных расчетов.

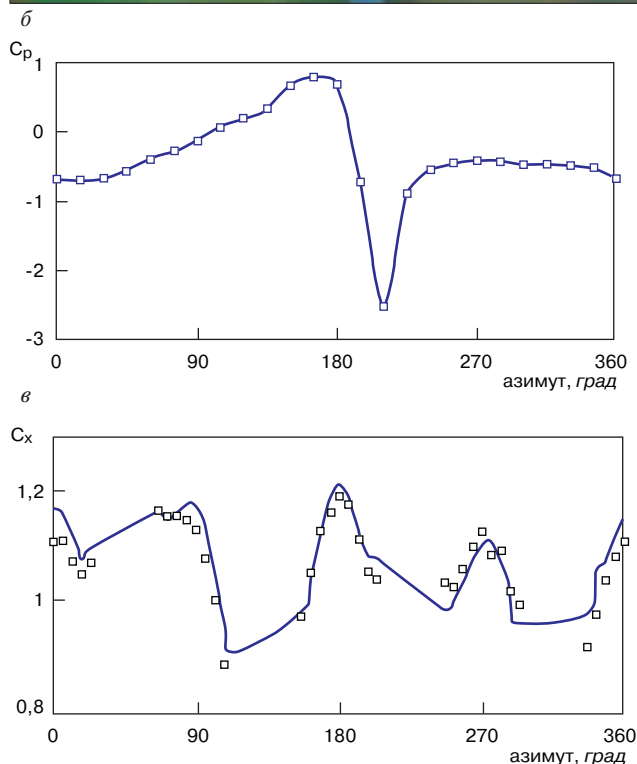
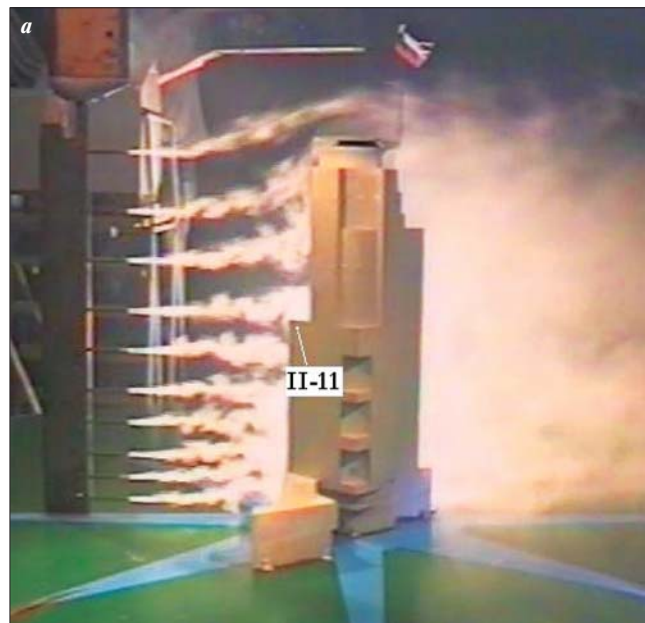
Так, в СНиП 2.01.07–85 и МГСН 4.19–2005 пульсационную составляющую ветровой нагрузки рекомендуется определять по формуле  $w_g = w_m \zeta(z) v \xi$ , где первые три множителя, по сути, оценка пульсаций ветрового давления первого рода (без учета соответствующих вторичных пульсаций при его обтекании), а последний множитель вообще не связан напрямую с аэродинамикой;  $\xi$  – коэффициент динамичности, определяемый собственными частотами колебаний строительного сооружения.

**Физическое моделирование в аэродинамической трубе.** Физическое моделирование означает, что используется аэродинамическая установка, оснащенная средствами формирования задаваемых профилей воздушного потока и параметров его турбулентности, а также средствами измерения средних и пульсационных составляющих давления по всей поверхности исследуемого объекта. При этом сам объект и окружающие его соседние сооружения воспроизводятся на моделях в масштабе, допускающем их размещение в рабочей части аэродинамической трубы, т. е. от 1:500 до 1:100. При моделировании необходимо выполнение ряда условий: геометрическое подобие; подобие структуры потока в аэродинамической трубе заданным ветровым режимам; моделирование ситуационного плана в области радиуса  $r$  до  $3H$ , где  $H$  – высота здания. Однако полное аэродинамическое подобие все равно недостижимо, в частности невозможно обеспечить натурные числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu}, \quad (13)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха  $\text{кг/м}^3$ ;  $U$  – скорость набегающего потока,  $\text{м/с}$ ;  $L$  – характерный линейный размер сооружения,

$\mu$  – динамическая вязкость воздуха,  $\text{Па}\cdot\text{с}$  (при температуре  $20^\circ\text{C}$   $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5}$   $\text{Па}\cdot\text{с}$ ). Число Рейнольдса является критерием подобия аэродинамических процессов. В любом испытании модели здания в аэродинамической трубе число  $Re$  будет на два порядка меньше, чем в натуральных условиях поскольку линейные размеры модели будут на два порядка меньше линейных размеров здания. Поэтому принимают различные гипотезы об автомодельности по числу Рейнольдса, по крайней мере – начиная с  $Re = 10^6$  и выше.



**Рис. 2.** Экспериментальное определение аэродинамических характеристик макета высотного здания: а – дымовая визуализация обтекания здания; б –  $C_{p1}$  в зависимости от направления ветрового потока, по результатам дренажных измерений в точке II-11 на рис. 2, а; в – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления по результатам весовых испытаний при интенсивности турбулентности 0,2% (кривая), и 2% (значки)

На рис. 2 дан пример экспериментального определения в аэродинамической трубе НИИ механики МГУ аэродинамических характеристик макета высотного здания ( $H=188$  м). Струйки дыма визуализируют картину обтекания; датчики давления, расположенные в 120 дренажных точках на фасадах, позволяют определять распределение аэродинамического коэффициента  $C_p$ ; шестикомпонентные электромеханические весы измеряют результирующие силы и моменты суммарного ветрового воздействия на сооружение при различных азимутах ветра.

В данном случае полученные значения коэффициента давления  $C_p$  в зависимости от направления ветра изменяются в основном от +1 до -1,5. При этом на фасадах в окрестности острых выступов среднее значение указанного коэффициента может достигать  $C_p=-2,5$  и ниже (рис. 2, б), а в некоторых точках кровли  $C_p=-3,0$ .

На рис. 2, в приведены результаты весовых испытаний макета здания по определению лобового сопротивления. Измерена интегральная сила сопротивления  $C_x$  в зависимости от угла атаки и интенсивности турбулентности набегающего потока. Установлено, что интенсивность турбулентных пульсаций оказывает слабое влияние на среднее по времени интегральное значение силы лобового сопротивления.

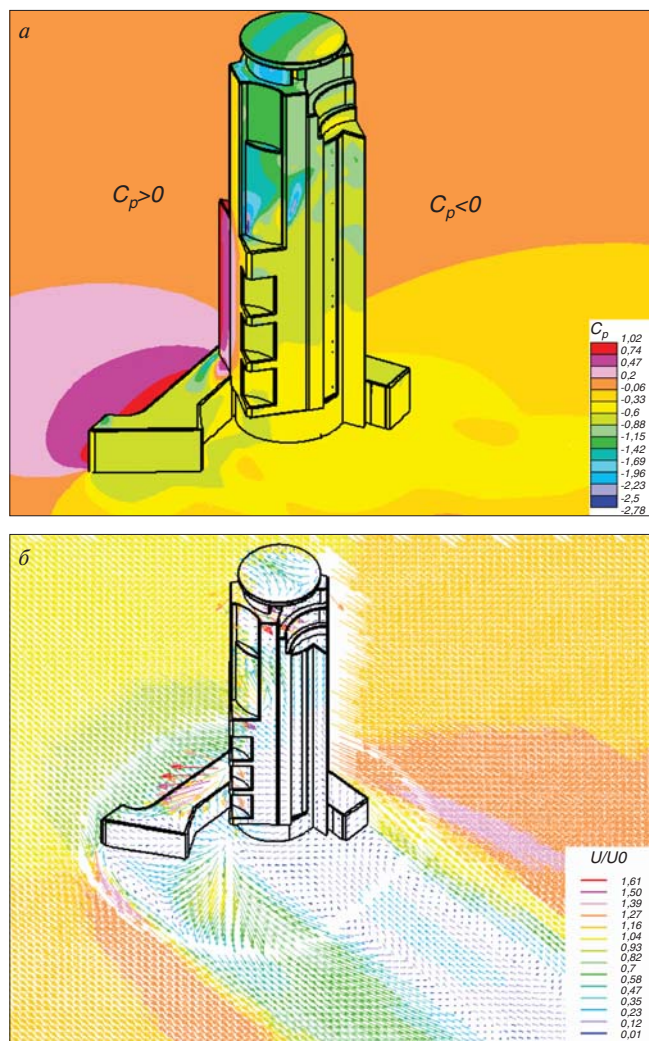


Рис. 3. Результаты численного моделирования трехмерного обтекания здания (поток ветра слева направо): а — мгновенное распределение  $C_p$  на поверхности фасадов; б — мгновенные направления потоков вблизи здания

### Численное моделирование ветрового воздействия.

Численное моделирование реализует математическую модель нестационарного трехмерного турбулентного обтекания здания задаваемой конфигурации с учетом аэродинамической интерференции от соседних значимых объектов. Численное моделирование основано на решении апробированных математических моделей, реализующих общие законы механики. Такой подход обладает рядом преимуществ при определении стационарных и нестационарных значений параметров ветровой нагрузки [2]. К настоящему времени разработаны разнообразные универсальные компьютерные CFD-пакеты (FLUENT, STAR-CD, VP2/3, FLOW3D, ANSYS-CFX и ряд др.).

На рис. 3 дан пример трехмерного расчета мгновенного распределения давления по фасадам здания. Применение пакетов в практике строительных расчетов еще только начинается, поскольку они очень сложны и для их эффективного использования требуется высокая квалификация пользователей и длительный опыт аэродинамических исследований.

Одна из трудностей моделирования ветровых воздействий в рамках полной трехмерной нестационарной постановки задачи вязкого турбулентного обтекания высотного здания связана с повышенными требованиями к мощности вычислительных платформ. Обычные персональные компьютеры обеспечивают адекватные ресурсы лишь при решении двумерных задач. Для проведения массовых нестационарных трехмерных расчетов с помощью перечисленных CFD-пакетов требуются дорогостоящие высокопроизводительные многопроцессорные системы кластерного уровня.

На рис. 3 представлены результаты компьютерного моделирования ветровых воздействий на высотное здание. Результаты компьютерного моделирования позволяют выделить на фасаде зоны с наибольшим ветровым воздействием на ограждающие конструкции. Мгновенные значения  $C_p$  значительно превосходят значения СНиП, что указывает на существенность учета вторичных пульсаций.

Таким образом, как физическое, так и компьютерное моделирование основано на ряде предположений общего характера, а из нормативных документов требуется лишь информация о задаваемых характеристиках исходного ветрового потока.

При определении ветровых нагрузок на высотные здания целесообразно сочетать оба этих метода, поскольку они дополняют друг друга и позволяют вносить необходимые уточнения при определении нагрузок на ограждающие конструкции зданий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 08-08-13724).

### Список литературы

1. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / Под ред. Б.Е. Маслова. М.: Стройиздат, 1984. 360с.
2. Гувернюк С.В., Гагарин В.Г. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий. Ч. 1 // АВОК 2006. № 8. С. 18–24; Ч. 2 // АВОК 2007. № 1. С. 16–22.
3. Holmes J.D. Wind Loading of Structures London: Spoon Press, 2001. 448 p.

УДК 69.032.22:614.841.45

*В.В. ХОЛЩЕВНИКОВ, д-р техн. наук,  
И.С. КУДРИН, инженер (agentwww@rambler.ru),  
Академия государственной противопожарной службы МЧС РФ (Москва)*

## Анализ условий обеспечения требуемого уровня индивидуального пожарного риска в высотных зданиях

*Проанализирован расчет пожарного риска в соответствии с Федеральным законом № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в высотных зданиях различных классов функциональной пожарной опасности (гостиницы, офисные и жилые здания). Даны разъяснения по использованию и интерпретации начального времени эвакуации. Показано, что комбинированная эвакуация – единственный способ обеспечения своевременной беспрепятственной и безопасной эвакуации.*

**Ключевые слова:** пожарный риск, эвакуация, высотные здания, беспрепятственность, начальное время эвакуации.

В 2002 г. в Российской Федерации при пожарах погибло 19988 человек. При 145-миллионном населении страны это дает значение вероятности  $Q_B = 138 \cdot 10^{-6}$ . По данным статистики, приблизительно в 10 раз больше людей получают при пожарах тяжелые ожоги и травмы [1]. В то же время Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее ФЗ № 123), как и ГОСТ 12.1.004–91\* «Пожарная безопасность. Общие требования» (далее ГОСТ 12.1.004–91\*), требует: «Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значения одной миллионной в год...» (ст. 79 ч. 1 ФЗ № 123). Следовательно, статистические данные показывают, что в нашей стране фактический уровень пожарной опасности для людей превышает нормативный уровень более чем в 1000 раз!

По данным статистики, доля погибших на 1 пожар в здании высотой более 25 этажей в 3–4 раза выше по сравнению со зданиями высотой до 16 этажей. Кроме того, в зданиях высотой более 100 м 50% людей не в состоянии быстро его покинуть из-за физической усталости при спуске по лестницам [2].

Ст. 6 ФЗ № 123 гласит: «1. Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если... пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом».

Совершенно очевидно, что возведение требования расчета пожарного риска в ранг юридического (Федеральный закон) направлено на всемерное усиление требований обеспечения безопасности людей в зданиях начиная со стадии их проектирования. Оно должно обеспечиваться надежностью применяемых для этого систем, достоверностью используемых для расчетов данных и методов. В ст. 6 ч. 7 ФЗ № 123 указывается: «Порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска определяется нормативными правовыми актами Российской Федерации». В соответствии с этим приказом МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 утверждена «Методика определения расчетных величин

пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (далее Методика).

Согласно Методике:

1. Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому уровню, если:

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (1)$$

где  $Q_B^H = 1 \cdot 10^{-6}$  год – нормативное значение индивидуального пожарного риска;  $Q_B$  – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

2. Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_B$  рассчитывается по формуле:

$$Q_B = Q_n \cdot (1 - R_{ан}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{п.з}). \quad (2)$$

Достоинством Методики является то, что значения величин, необходимых для определения вероятности эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения  $R_{ан}$  и вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты  $P_{п.з}$ , приводятся в явном виде:  $R_{ан} = 0,9$ ; значение  $P_{п.з}$  составляет 0,87.

Анализ Методики применительно к наиболее распространенным функциональным видам высотных зданий показывает необходимость обеспечить вероятность эвакуации  $P_э = 0,999$  при выполнении практически единственно приемлемого условия:

$$t_p + t_{нэ} \leq 0,8t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин.} \quad (3)$$

Таким образом, требуемый уровень индивидуального риска может быть обеспечен только при организации своевременной и беспрепятственной эвакуации людей из здания на всех ее этапах: из помещения; с этажа; по лестничной клетке с выходом наружу; по территории в зоны безопасности, расположенные вне зоны возможного обрушения высотного здания.

Индивидуально каждый потенциальный «приобретатель» квартиры на 31-м этаже, оценивая свой риск, может

рассуждать следующим образом: при любой вероятности возникновения пожара ( $Q_n$ ), человек может оказаться в здании, тогда для него  $Q_n = 1$ , а установки автоматического пожаротушения в этом здании, весьма вероятно, не сработают, ведь  $R_{ап}$  всего 0,5 [2] (пусть даже 0,8). Как эвакуироваться? По незадымляемой лестничной клетке? Но противодымная защита тоже может не сработать. Тогда лестничная клетка задымится, а по ней нужно идти больше 300 м, лифт отключат по требованию ФЗ № 123 [ст. 89 п. 14]. Так обнаруживается истинная причина нежелания 93% населения городов жить в высотных зданиях [3].

Критерии своевременной и беспрепятственной эвакуации впервые установлены в работах российских ученых [4] и начиная с 1980 г. используются в СНиП II-2–80 (в настоящее время СНиП 21-01–97\*) «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Требование (3) является современной формой их выражения. Для их практической реализации научной школой «Теория людских потоков» проведены обширные многолетние практические и теоретические исследования, позволившие установить кинематические закономерности движения людских потоков [4], закономерности связи между их параметрами [5], разработать адекватные реальности модели и программы их расчета в разных условиях эксплуатации зданий различного назначения. Благодаря этим работам сегодня имеются необходимые данные и методы для достоверного прогнозирования ожидаемых ситуаций при различных вариантах организации эвакуации людей из высотных зданий в чрезвычайных обстоятельствах. Многие недостатки в нормировании организации процесса эвакуации людей из высотных зданий, вскрытые еще 40 лет назад [6], были устранены при разработке учебно-методического пособия в АН КБ «Общие требования к комплексному обеспечению безопасности многофункциональных высотных зданий», но некоторые остаются, к сожалению, актуальными и до сих пор. С таким положением столкнется каждый, кто будет рассчитывать значения  $t_{нэ}$  и  $t_p$  для определения величин пожарного риска в высотных зданиях.

Продолжительность интервала времени  $t_{нэ}$  от возникновения пожара до начала эвакуации людей зависит:

- от того момента времени, когда человек узнает о пожаре по системе оповещения или по его косвенным признакам (даже при оборудовании здания системами пожарной сигнализации вероятность их эффективного срабатывания принимается согласно п. 13 Методики равной  $R_{обн} = 0,8$ );
- от времени, составляющего не менее 0,18 с, реакции человека на сигнал о пожаре; текстовые сообщения человек прослушивает, как правило, не менее двух раз;
- от состава и продолжительности первых действий людей после осознания надвигающейся опасности, которые зависят от индивидуальных психофизиологических особенностей людей; пола и возраста; вида занятости человека в момент оповещения в состоянии бодрствования или сна; от того, находится человек в помещении один, среди сотрудников или в семье;
- от продолжительности принятия решения о необходимости эвакуации.

Очевидное влияние многих факторов на время начала эвакуации определяет необходимость рассматривать его как случайную величину. Первым документом (и не только в нашей стране), нормировавшим время начала эвакуации людей  $t_{нэ}$  как случайную величину, являются

МГСН 4.19–2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве».

Методика использует эти данные, заменив нормально распределенную случайную величину  $\Delta t_{нэ}$  максимальным значением ее равномерно распределенного аналога. Поэтому интервал времени  $t_{нэ}$  формирования людского потока в начале эвакуации:

$$\Delta t_{нэ} = t_{нэ} - 0,5, \quad (4)$$

а величина потока, выходящего из первичного источника (помещения):

$$P_i = N_i / \Delta t_{нэ}, \quad (5)$$

где  $N_i$  – количество людей.

Методика использует установленные закономерности связи между параметрами людских потоков:

$$V_{Dj} = V_{oj}(1 - a_j n D/D_{oj}), \quad (6)$$

в которой  $V_{Dj}$  – случайная величина скорости потока на  $j$ -м виде пути при значении его плотности  $D$ , м/мин;  $V_{oj}$  – случайная величина скорости свободного движения потока по  $j$ -му виду пути (при значении его плотности  $D \leq D_{oj}$ ), м/мин;  $D_{oj}$  – пороговое значение плотности потока, по достижении которого плотность начинает оказывать влияние на скорость движения в нем людей;  $a_j$  – коэффициент адаптации людей к движению по  $j$ -му виду пути при увеличении плотности.

Значения этих параметров для различных видов пути и групп мобильности приведены в Методике.

Использование приведенных данных позволяет воспроизвести людской поток, как процесс, наиболее близкий к наблюдаемому в реальности: «размещение людей в потоке имеет всегда неравномерный и часто случайный характер. Расстояние между идущими людьми постоянно меняется, возникают местные уплотнения, которые затем рассасываются и возникают снова. Эти изменения неустойчивы во времени...» [4]. Для этого используется приведенная в методике имитационно-стохастическая модель, реализуемая сертифицированным программно-вычислительным комплексом. Модель дает результаты, наиболее близкие к наблюдаемым в натуре (рис. 1), подтверждая тем самым как корректность используемых закономерностей движения людских потоков, так и возможность достоверного прогнозирования ожидаемых ситуаций при различных вариантах организации эвакуации людей.

Моделирование движения людских потоков при эвакуации в чрезвычайных ситуациях пожара, когда один из эвакуационных выходов с этажа (в лестничную клетку) может быть заблокирован, показывает, что при ее организации од-

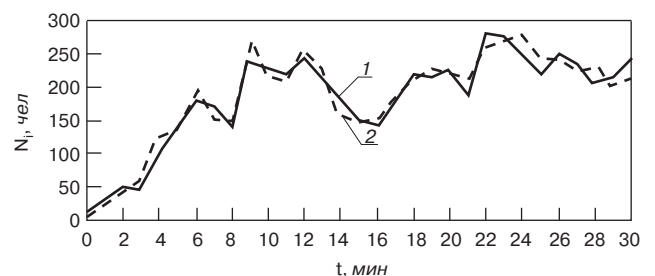


Рис. 1. Изменение количества людей, проходящих через поперечное сечение пути в последовательные моменты времени: 1 — наблюдаемое; 2 — расчетное

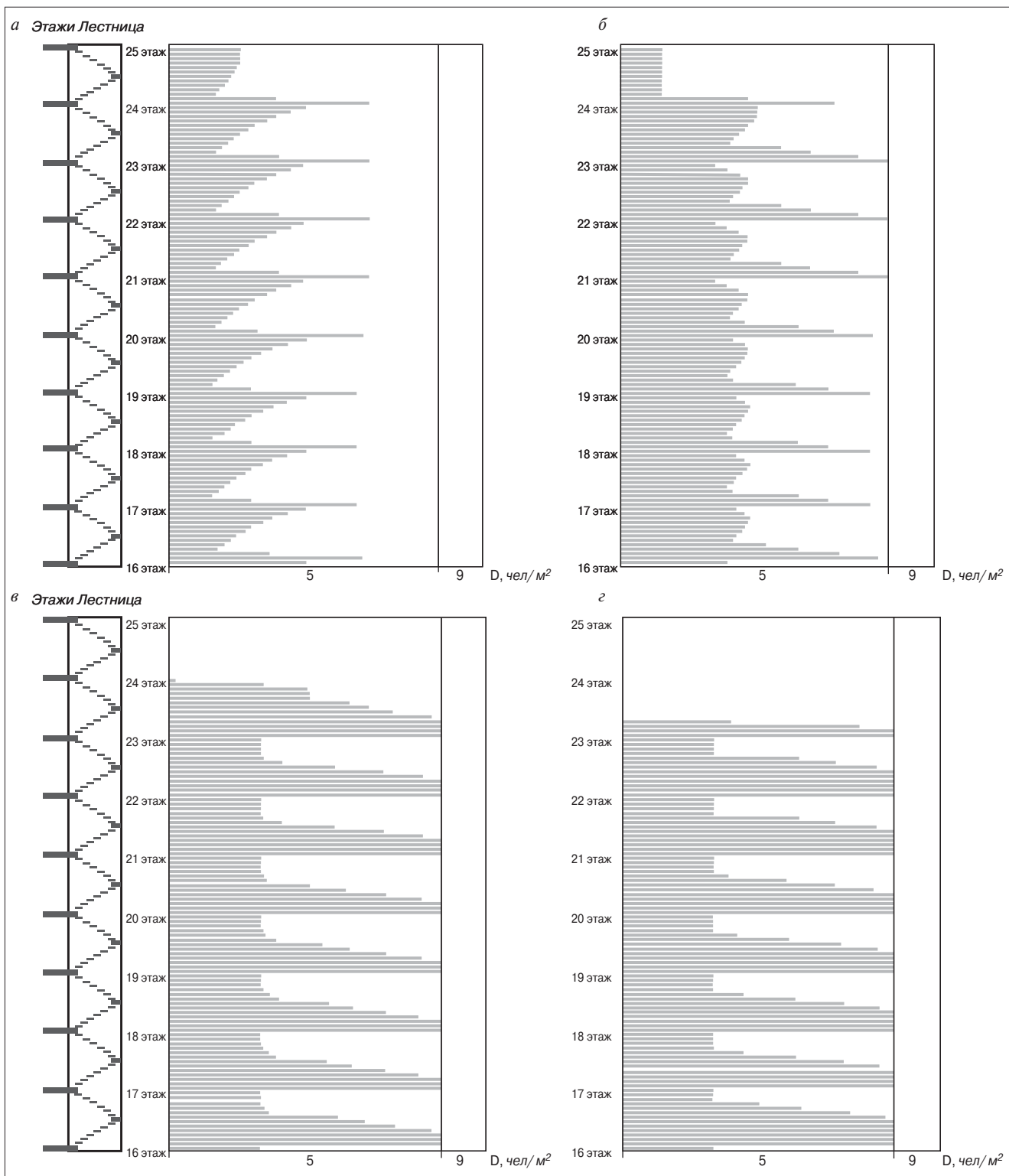


Рис. 2. Динамика изменения плотности людского потока на лестницах при эвакуации по 100 чел. с этажа через: а – 0,5 мин; б – 1 мин; в – 1,5 мин; г – 2 мин

новременно со всех этажей в лестничной клетке образуются плотности превышающие значения, допустимые для беспрепятственного движения (рис. 2). Образование скоплений людей с плотностью более 7–8 чел/м<sup>2</sup> чреваты гибелью людей в результате компрессионной асфиксии (отсутствие пульса, удушье, обусловленное кислородным голоданием и избытком углекислоты в крови и тканях при сдавли-

вании дыхательных путей извне), затаптыванием упавших людей в образующихся свалках.

В результате скоплений с максимальной плотностью, образующихся на лестнице, люди не могут своевременно выйти с этажей, что ведет к нарушению требования своевременности эвакуации:  $(t_{нз} + t_p) < 0,8 t_{бл}$ , а задержка движения возрастает в десятки раз.

Таблица 1

Уровни обеспечения пожарной безопасности				
Конструктивные и инженерные решения	Лестничная клетка	Нормативы	Лифтовые установки	Нормативы
Несущие конструкции REI	180*	МГСН 4.19–2005 п. 4.24		
Конструкции шахт лифтов REI			120*, 180*	МГСН 4.19–2005 п. 4.24
Площадки, косяки, марши R	60*	МГСН 4.19–2005 п. 4.24		
Внутренние ненесущие конструкции EI			60*, 120*	МГСН 4.19–2005 п. 4.24
Двери EI	60*, 90*	МГСН 4.19–2005 п. 4.29	60*, 90* противопож., дымогазонепрониц.	МГСН 4.19–2005 п. 4.29, СНиП 21-01–97 п. 8.10
Системы приточной противодымной защиты, подпор воздуха	H2	СНиП 21-01–97 п. 5.15 МГСН 4.19–2005 п. 4.24	Шахты Холлы	СНиП 41-01–2003 п. 8.156 МГСН 4.19–2005 п. 14.60, 14.58
Адресные дымовые извещатели	Да		Да	МГСН 4.19 п. 13.2.43
Системы чрезвычайной опер. телефонной связи			Лифты, холлы	МГСН 4.19–2005 п. 13.2.51
Материалы отделки полов	Негорючие	МГСН 4.19–2005 п. 14.33	Негорючие	МГСН 4.19–2005 п. 14.70
Система пожарной сигнализации			Холлы, шахты	МГСН 4.19–2005 п. 13.2.40

\* Время от начала огневых испытаний до наступления одного из предельных состояний по огнестойкости, мин.

При этом следует учитывать, что модель расчета подпора воздуха в лестничную клетку для обеспечения ее незадымляемости не соответствует условиям одновременной эвакуации людей с этажей, во время которой все двери выходов с этажей или большинство из них оказываются открытыми.

Принятое в России нормирование размеров и необходимого количества лестниц исходя из населенности только одного этажа приводит к парадоксальным результатам: они остаются одинаковыми и для 2- и для 102-этажных зданий! Почему же на это никто не обращает внимания? Зато соблюдается требование: «Эвакуационные пути не должны включать лифты...», вплоть до включения в Технический регламент в ст. 89, п. 14 ФЗ № 123. Однако оно не соблюдается населением высотных зданий, поскольку для большинства людей пройти по лестнице сотни метров в толпе – непосильная задача. Мировая статистика показывает, что «в многоэтажных зданиях лифты используются частью людей, а иногда и большинством для эвакуации до тех пор, пока они действуют» Результаты анкетного опроса, проведенные японскими исследователями, показали, что 67–75% людей при пожаре в зданиях высотой всего лишь 14–20 этажей использовали лифты для эвакуации. 3 тыс. человек спаслись при помощи лифтов из зданий Всемирного торгового центра 11 сентября 2001 г.

В настоящее время уровень противопожарной защиты лифтовых установок идентичен уровню защиты незадымляемых лестничных клеток типа H2 (табл. 1).

Таблица 2

Виды эвакуации	Максимальная плотность, чел/м <sup>2</sup>	Время эвакуации, мин
Одновременная	9	80
Поэтапная пешеходная	3	42
Поэтапная с использованием лифтов	3	24

Путь к обеспечению беспрепятственной и своевременной эвакуации людей из высотных зданий давно известен [6]: организация поэтапной пешеходной и с использованием лифтов эвакуации. В эффективности поэтапной эвакуации специалисты недавно убедились практически, организовав ряд тренировочных эвакуаций. Результаты моделирования различных вариантов организации эвакуации 15 тыс. человек из 46-этажного офисного блока высотного здания приведены в табл. 2.

МГСН 4.19–2005 (п. 16.2.2.) предоставляет широкие и обоснованные возможности для оптимизации проектных решений по обеспечению безопасности людей при эвакуации из высотных зданий. Необходимо снять архаичные противопожарные ограничения и на государственном уровне, для того чтобы комплексная система безопасности выполняла поставленные перед ней задачи в соответствии с современными требованиями и возможностями.

#### Список литературы

1. Кожушко Т.Г. Экспертиза проектов в области пожарной безопасности высотных зданий // Глобальная безопасность. 2008. № 1–2. С. 104.
2. Балодян И.А. Актуальные проблемы противопожарной защиты объектов строительства и реконструкции // Строительная безопасность 2004. С. 94.
3. Маклакова Т.Г. Высотные здания. М.: АСВ, 2006. 158 с.
4. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.
5. Закономерности связи между параметрами людских потоков. Диплом № 24-S (авт. Холщевников В.В.) // Научные открытия. М.: Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений. М., 2006.
6. Великовский Л.Б., Холщевников В.В. Вопросы эвакуации из высотных зданий // Архитектура СССР. 1969. № 1. С. 46.

УДК 624.:042

А.Г. ТАМРАЗЯН, д-р техн. наук,  
Московский государственный строительный университет,  
директор НТЦ «Риск и безопасность сооружений» (Москва)

## Ресурс живучести — основной критерий проектных решений высотных зданий

Рассмотрены вопросы оценки ресурса живучести высотных зданий при внезапных изменениях расчетной схемы и структурных перестройках несущих конструкций. Предложены методы и конструктивные решения по обеспечению стойкости монолитных высотных зданий от прогрессирующего обрушения. Проанализирован ресурс живучести зданий Всемирного торгового центра в Нью-Йорке.

**Ключевые слова:** живучесть, прогрессирующее обрушение, соударение, жесткий ярус.

Для оценки ресурса живучести высотных зданий и сооружений при локальных повреждениях от различных природно-техногенных воздействий необходимо исследование и развитие эффективных методов расчета. Действующие нормативные документы должны быть дополнены методиками учета различных внезапных повреждений и структурных перестроек с целью предотвращения прогрессирующего обрушения сооружений, которые, учитывая внезапные изменения расчетной схемы конструкции, изменения физико-механических свойств материалов, описывали бы специфику и характеристики динамических процессов, инициируемых этими изменениями.

С позиции теории сооружений важной проблемой является анализ чувствительности ключевых элементов разрабатываемых систем к конкретным структурным перестройкам под нагрузкой типа внезапно выключающихся связей, локальных обрушений и т. п., а значит, требуется особый анализ для оценки ресурса живучести высотных зданий.

Однако недостаток и отсутствие знаний о деформировании и напряженном состоянии элементов конструкций в ходе динамических процессов сдерживает развитие теории и методов проектирования сооружений, обеспечивающих высокий уровень живучести и безопасности при их эксплуатации.

Расчетная модель межэтажного перекрытия монолитных железобетонных каркасов с бескапитальным стыком колонны и перекрытия (рис. 1) может быть представлена в виде плиты постоянной толщины, определенным образом

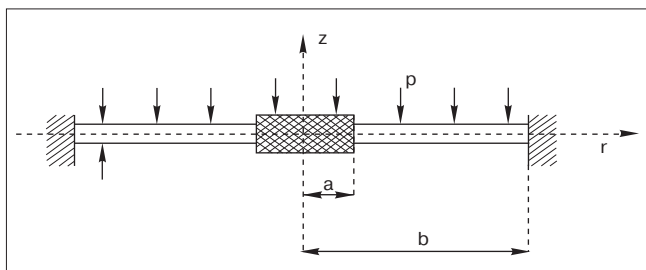


Рис. 1. Расчетная модель межэтажного перекрытия

опертой и нагруженной поперечной нагрузкой с жестким включением в центре.

Из уравнения равновесия изгиба пластинки

$$\frac{dM_r}{dr} + \frac{M_r - M_\theta}{r} = -Q_r; \quad \frac{d}{dr}(rQ_r) = pr \quad (1)$$

определяются изгибающие моменты:

$$M_r = D \left( \frac{d\varphi}{dr} + \mu \frac{\varphi}{r} \right). \quad (2)$$

Для определения статических деформаций плиты используется метод вариации произвольной постоянной [1], находится частное решение дифференциального уравнения относительно углов поворота  $\varphi$  и возникающие напряжения  $\sigma_r$ ,

$$\varphi'' + K(r)\varphi' + L(r)\varphi = M(r); \quad (3)$$

$$\sigma_r = z \cdot \frac{E}{1-\mu^2} \left( \frac{d\varphi}{dr} + \mu \frac{\varphi}{r} \right). \quad (4)$$

Решение задачи о вынужденных колебаниях пластинки в ходе динамического процесса, в результате которого происходит внезапное преобразование условий опирания внешнего контура пластинки с жесткого защемления на свободное, показывает следующее:

- прогибы в ходе динамического процесса примерно в 5–6 раз превышают соответствующие прогибы в рабочем статическом состоянии;
- наблюдается резкое возрастание напряжений для пластинок в 23–24 раза.

Полученные решения адекватно описывают процесс запроектного воздействия в форме внезапного изменения опорных условий, а также определяют динамические приращения прогибов и напряжений в изгибаемых однородных плитах с привлечением сложных зависи-

мостей аналитического интегрирования дифференциальных уравнений высших порядков с переменными коэффициентами.

Проектируемые, эксплуатируемые сооружения повышенного уровня ответственности, обрушение которых может привести к тяжелым экономическим и социальным последствиям, должны в первую очередь удовлетворять требованиям живучести, которая определяется как стойкость к лавинообразному обрушению, непропорциональной первоначальному воздействию.

В системе здания это требование в основном относится к ключевым элементам. Ключевой элемент определяется как ограниченная часть структуры, существенно влияющая на ее живучесть, при возможном отказе которого отказывает вся система или существенная ее часть.

Подавляющее большинство высотных зданий рассчитано и спроектировано с учетом запроектных воздействий, имеющих различный характер и уровни интенсивности, задаваемые при проектировании на основе того или иного преобладающего критерия.

Для повышения ресурса живучести высотных зданий предлагаются следующие принципы и методы:

- зонирование по вертикали на ярусы плитами жесткости, или устройство пространственных блоков жесткости через каждые 5–10 этажей, или устройство пространственных блоков жесткости через 15–20 этажей. Расчетная динамическая модель здания в этом случае будет иметь столько масс, сколько блоков жесткости;
- идентификация, грамотное расположение и конструирование ключевых элементов;
- понижение чувствительности ключевых элементов к запроектным воздействиям и дефектам;
- локализация последствий разрушения ключевых элементов;
- повышение степени статической неопределенности конструктивной схемы здания с учетом упругопластической работы его элементов;
- использование упругоподатливых горизонтальных связей;
- применение жесткопластических стыков колонн и ярусов;
- резервирование в несущих конструкциях возможности их работы при знакопеременных динамических нагрузках;
- использование в конструкциях ключевых элементов материалов, демпфирующих (поглощающих) ударные и взрывные воздействия и повышающих их огнестойкость.

В соответствии с этими принципами и методами разрабатываются различные конструктивные решения защиты монолитных высотных зданий от прогрессирующего обрушения. Одно из разрабатываемых решений, так называемый метод подвески, состоит в том, что при удалении определенного количества колонн нижних ярусов все вышележащие колонны свисают к стенам и балкам верхних ярусов жесткости и через горизонтальные связи в плите перекрытия в виде скрытых каркасов перераспределяют усилия на несущую систему здания (рис. 2).

Для восприятия колоннами, которые расположены выше зоны обрушения, усилий обратного знака (растяжения) необходимо использование высокопрочной арматуры с

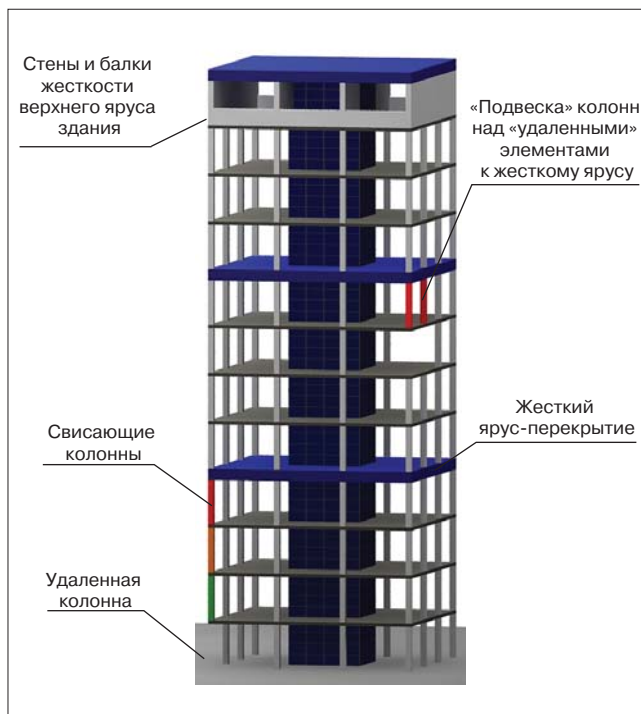


Рис. 2. Схема конструктивного решения защиты (метод подвески) монолитных высотных зданий от прогрессирующего обрушения

определенным пределом текучести или увеличением площади сечения арматуры от нагрузок в пределах одного яруса жесткости. Например, для яруса в 10 этажей это увеличение составит 30–35% от площади сечения рабочей арматуры.

Другое решение, разрабатываемое НТЦ «РиБоС», основано на методе «запах юбки», когда ключевой элемент дополнительно опоясывается особым конструктивным материалом, повышающим его прочность от возможного взрыва и пожара определенной интенсивности и температуры. Результаты эксперимента на предмет взрывоустойчивости моделей плоской рамы превзошли наши ожидания. Дальнейшие исследования будут направлены на испытание пространственной многоэтажной рамы, сконструированной по вышеперечисленным принципам и методам, на действие контактных и объемных взрывов. Решение с применением вместо жестких ярусов-перекрытий «связевых блоков жесткости», к которым подвешиваются до 15–20 этажей, показано на рис. 3.

Упрощенный подход к безопасности при проектировании и неэффективная методика прогнозирования поведения высотного объекта при запроектных воздействиях являются одними из основных причин неправильной оценки ресурса живучести и развития аварийных ситуаций.

Исследуем в свете полученных выше расчетов плиты ресурс живучести зданий Всемирного торгового центра (ВТЦ) в Нью-Йорке с позиций их стойкости к прогрессирующему обрушению от последствий удара самолета.

Так как приведенный выше расчет показывает, что при динамическом воздействии, приводящем к изменению опорных условий, плита практически разрушается (напряжения превышают статическое состояние в 20 и более раз), рассмотрим предельный случай ударного воз-



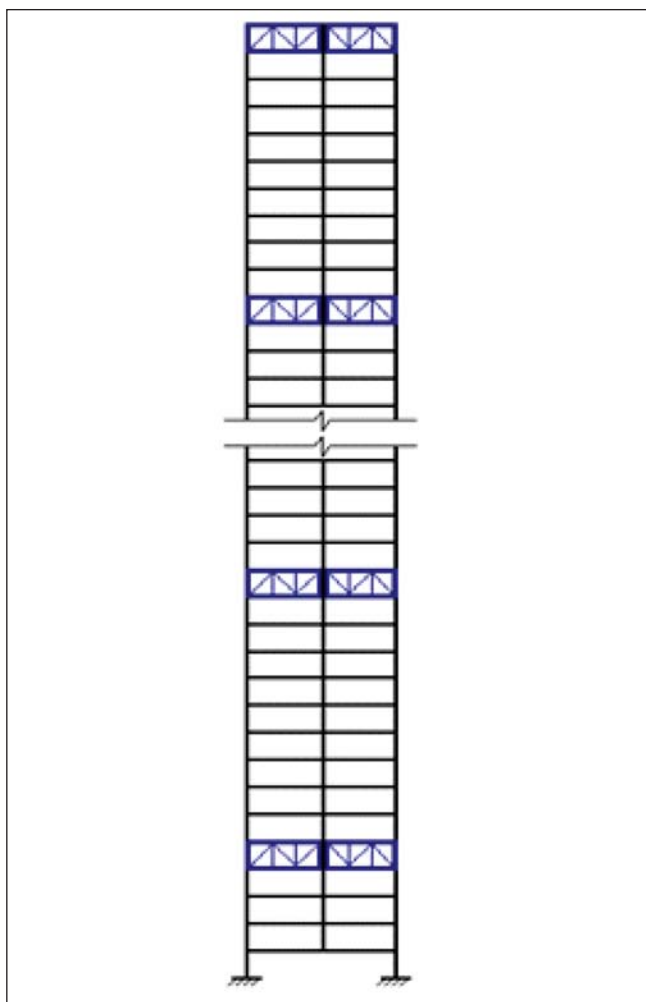


Рис. 3. Схема защиты монолитных высотных зданий от ПР устройством пространственных блоков жесткости

действия двух частей здания ВТЦ в нелинейной постановке: так называемый динамический мягкий вертикальный удар вышележащего абсолютно твердого тела на нижележащий, без учета эффекта демпфирования (рис. 3). Учитываются геометрическая, физическая и конструктивная нелинейности и контактное взаимодействие элементов.

Рассмотрим случай абсолютно неупругого соударения падающего груза массой  $[m] = \int_{V^{(e)}} \rho [N]^T [N] dV$  с высоты  $h$  на нижележащие конструкции здания массой  $[M] = \int_V \rho [N]^T [N] dV$ . Энергетическое обоснование в этом случае является наиболее предпочтительным.

Составляя энергетический баланс заданной системы в момент возникновения максимальных прогибов всей системы, получим:

$$T^B + \Pi^B = T^H + \Pi^H, \quad (5)$$

где  $T^B = gh \int_{V^{(e)}} \rho [N]^T [N] dV = [m]gh$  – кинетическая энергия падающего груза;  $\Pi^B = ([m] + [M])gU_{max}$  – работа внешних

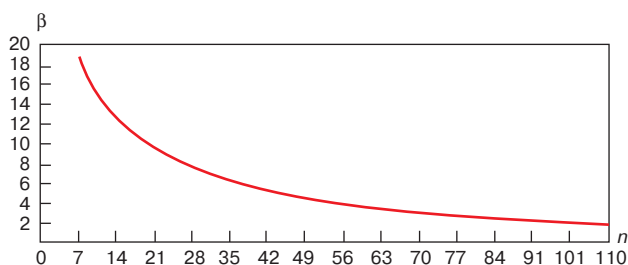


Рис. 4. Значения коэффициента динамичности при неупругом ударе

сил на перемещение  $U_{max}$ ;  $T^H$  – кинетическая энергия системы при  $U_{max}$ ;  $\Pi^H$  – потенциальная энергия деформации системы, определяемая по формуле:

$$\begin{aligned} \Pi^H &= \frac{1}{2} \{U^{(e)}\}^T \left( [k_0^{(e)}] + [k_1^{(e)}(U)] + [k_2^{(e)}] \right) \{U^{(e)}\} - \{U^{(e)}\}^T \{f^{(e)}\} = \\ &= \frac{1}{2} \{U^{(e)}\}^T [k^{(e)}] \{U^{(e)}\} - \{U^{(e)}\}^T \{f^{(e)}\}. \end{aligned}$$

Так как при наибольшем перемещении системы  $U_{max} = 0$  для указанного момента времени  $T^H = 0$ .

Скорость груза до удара обозначим  $v_-^m$ , скорость любой точки плиты до удара равна нулю. Поскольку отскока груза от плиты не происходит, после удара скорости груза и соответствующих точек плиты одинаковы:  $v_+^m = v_-^M = v_+$ .

Система с распределенной массой заменяется системой с одной сосредоточенной массой. Значение этой приведенной массы определяется из условий равенства кинетических энергий двух систем – с распределенной и сосредоточенной массами.

Если тело массой  $[m]$  к моменту удара о массу  $[M]$  обладало скоростью  $v_-^m$ , то скорость «склеившихся» при ударе масс после соударения определится по формуле, вытекающей из условия сохранения количества движения:

$$v_+ = \frac{[m]}{[m] + [M]} v_-^m. \quad (6)$$

Рассматривая далее возникающие после удара колебания приведенной системы с одной сосредоточенной массой, равной  $[M] + [m]$ , после преобразований получим выражение для коэффициента динамичности:

$$\beta = \frac{U_{max}}{U_{max,ст}} = \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\left(1 + \frac{[M]}{[m]}\right)^3 U_{max,ст}}} \right). \quad (7)$$

На рис. 4 приведен график коэффициента динамичности  $\beta$  в зависимости от этажа  $n$ , на котором произошло обрушение системы.

Реальный процесс обрушения может протекать при смешанном характере соударения и проявлять свойства упругого и неупругого ударов. Кроме того, падение верхних

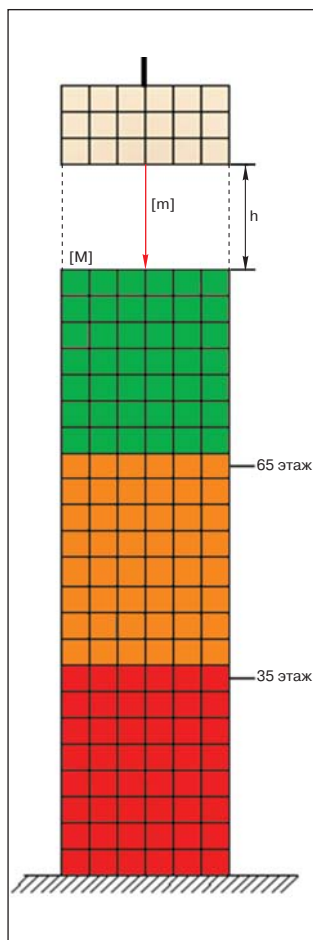


Рис. 5. Схема соударения разрушенных частей здания и зоны с различным ресурсом живучести

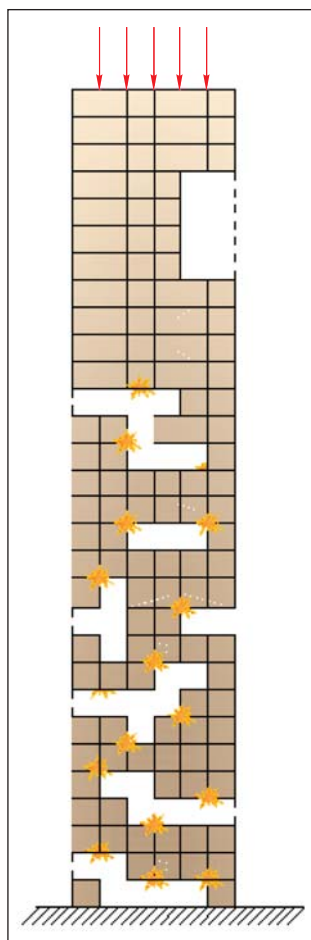


Рис. 6. Возможная конфигурация дополнительных локальных разрушений, инициирующих прогрессирующее обрушение здания

этажей на нижние может происходить с некоторым смещением масс, что уменьшит вертикальную составляющую удара и несколько увеличит горизонтальную.

Даже если рассматривать состояние нижних несущих конструкций, непосредственно контактирующих в зоне удара, с учетом локальных повреждений (материал конструкции при этом обладает некоторой несущей способностью, уменьшающейся с ростом поврежденности как от механических воздействий, так и от повышенной температуры [2]), дальнейшего резкого увеличения напряжений не наблюдается, обрушение носит затухающий характер и локализуется.

Для рассмотренного здания (рис. 5) выявлено, что:

- отказ конструкции начиная с 35-го этажа и ниже приводит к полному обрушению всех нижележащих этажей (красная зона);
- отказ конструкций выше 65-го этажа не приводит к процессу прогрессирующего обрушения нижележащих конструкций (оранжевая зона);
- отказ промежуточных этажей приводит к отказу одного-двух нижележащих этажей (зеленая зона).

В связи с тем фактом, что расчетные модели не подтверждают обрушения нижних этажей, была решена обратная задача: при заданных характеристиках (массе и скорости) ударника (в данном случае это часть здания, расположен-

ная над обрушенным этажом) определить жесткость нижележащих конструкций, при которой может произойти вертикальное обрушение.

Чтобы смоделировать подобное обрушение, необходимо полностью разрушить любой из этажей здания ниже 35-го либо создать очаги локальных разрушений несущих конструкций, расположенных ниже места удара самолета (рис. 6).

Расположение или конфигурация этих необходимых локальных обрушений несущих конструкций (колонн) как по высоте, так и в плане здания имеет множество решений [3] и поддается точному аналитическому расчету.

Решения, основанные на строгом математическом аппарате, модели сооружения, учитывающие всю геометрическую и физическую нелинейность материалов, конструкций, нагрузки с их динамическими характеристиками и импульсами сил и воздействий, использование и решение аналитических зависимостей, а также последующая проверка с помощью вычислительных программных комплексов – все это показывает совершенно иную картину сопротивления зданий Всемирного торгового центра видимым всеми по телевидению воздействиям.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Время сопротивления зданий ВТЦ до начала прогрессирующего обрушения не имело отношения к огнестойкости несущих колонн, поврежденных ударом самолета и последующим пожаром. Здесь свою роль сыграл чудовищный эксперимент как отвлекающий маневр, а также упорная попытка некоторых исследователей этой проблемы подстановки своих теорий и расчетов под видимый, но, увы, фиктивный результат.
2. Конструктивная схема обеспечивала стойкость зданий ВТЦ от прогрессирующего обрушения при ударе самолетом на уровне данных этажей и последующем пожаре.

3. Обрушение зданий Всемирного торгового центра лишь от удара самолетом на данной высоте носит затухающий характер и локализуется через один-два этажа.

Исследование действительных причин обрушения нью-йоркских небоскребов дает основание полагать, что не исчерпаны ресурсы живучести грамотно спроектированных и построенных высотных зданий с учетом принципов и методов защиты от прогрессирующего обрушения даже при таких маловероятных, но катастрофических воздействиях, как удар самолета с последующим взрывом и пожаром.

#### Список литературы

1. *Gordon, V.* Transitional processes in the constructions with the sudden structural reconstructions / Gordon V., Anokhin P., Stepanov Y. // Proc. XV Intern. Congress on Sound and Vibration. Daejlon, Korea. 2008. P. 1544–1556.
2. *Chan Y.N., Luo X., Sun W.* Compressive strength and pore structure of high-performance concrete after exposure to high temperature up to 800°C // Cement and Concrete Research 30 (2000). P. 247–251.
3. *Valanis K.C.* A global damage theory and hyperbolicity of the wave problem // J. Appl. Mech. ASME. V. 58 (1991). P. 311–316.

УДК 69.032.22

М.Э. ФАРБЕР, канд. техн. наук,  
Colored Glass – Printing & Building Innovative Solutions (Израиль)

## Средство массовой эвакуации жителей из жилых высотных зданий

Приведен способ применения и особенности конструкции нового инженерного средства для массовой эвакуации людей из жилых высотных зданий при таких экстренных ситуациях, как пожары, землетрясения, террористические акты и т. п. Средство обеспечивает быструю одновременную эвакуацию 35 человек любого возраста и физических возможностей за один рабочий цикл. Одновременно с выводом людей из опасной зоны аварийно-спасательная система доставляет в нужную точку спасателей, пожарников или группу захвата преступников. Эвакуация осуществляется одновременно с двух этажей высотного здания высотой до 300 м.

**Ключевые слова:** безопасность, массовая эвакуация, цикл эвакуации.

Жилищное строительство высотных зданий является одним из основных направлений развития архитектуры. Количество населения, живущего в высотках, растет, а с ним растет и степень опасных последствий пожаров в таких зданиях. Для предохранения жителей от трагических последствий различных аварий и создания у них ощущения надежности сооружения служат нормативные документы и технические решения при строительстве высоток.

Одним из таких решений является оснащение высотных зданий специальным средством для массовой эвакуации жителей из небоскребов. Таким средством является система, разработанная и эксплуатируемая в Израиле, предназначенная для спасения людей при любых возможных экстренных ситуациях – пожарах, землетрясениях и террористических атаках.

В отличие от лифтов спасательная система является наружной транспортной системой, полностью автономной от систем здания. У нее собственные источники питания, рабочие механизмы и контроль. Все системы дублированы и не боятся прохода через зону открытого огня и задымления. Инженерные решения позволяют выбрать необходимую конфигурацию для общественных или жилых зданий с учетом количества людей, этажности здания и минимизации инвестиционных затрат.

Для жилых высотных зданий разработана конструкция, состоящая из двух вложенных друг в друга кабин-матрешек. Размеры этих кабин можно выбрать в зависимости от максимального количества жителей на этаже.

Существует опция ограничиться только одной кабиной для спасательной системы и даже адаптировать конструкцию для эвакуации людей из заранее определенного объекта, например помещения контроля на техническом этаже, квартиры без выходов на лестничную клетку и т. д. Эти решения выбираются при проектировании средства спасения для нового здания или адаптации к уже построенному дому.

Во время строительства или уже при эксплуатации здания конструкция монтируется на одной из верхних площадок сооружения и подготавливается к работе в экстренной ситуации. В этой ситуации по команде с пульта на земле установленная на высоте конструкция активируется (рис. 1) и спускается на землю. Две встроенные одна в



Рис. 1. Конструкция спасательной системы на крыше здания

Объект	1		2		3	
Вариант	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
Этажность	48	48	40	40	36	36
Количество кабин	2	2	2	2	2	2
Вместимость кабины	17	10	17	10	17	10
Время эвакуации с верхних этажей, мин	5	4,7	4,3	4,1	3,8	3,6
Время полной эвакуации здания, мин	70	67	50	50	40	38
Количество эвакуированных жителей	768	460	646	380	544	320



Рис. 2. Кабины, подготовленные для приема пожарных и спасателей



Рис. 3. Эвакуация жителей с двух смежных этажей



Рис. 4. Завершение эвакуации

другую, как матрешки, кабины спускаются вниз, разворачиваются и принимают на борт пожарных и спасателей (рис. 2). После этого кабины поднимаются и становятся перед аварийными дверями сразу двух этажей. Пожарный открывает снаружи аварийные двери (возможно также их автоматическое открытие снаружи) и входит в помещение на площадку сбора эвакуированных. Производится одновременная эвакуация жителей с двух смежных этажей (рис. 3). После заполнения кабин система опускается на землю с пассажирами, и спасенные люди последовательно выходят из эвакуационных кабин (рис. 4). При этом вторая – верхняя кабина входит в первую, уже освобожденную после выхода из нее партии жителей. Система разворачивается в обратной последовательности, принимая новую группу пожарных. После этого кабины могут снова подниматься за следующей группой. Максимальное время цикла эвакуации с верхних этажей здания от 3 до 6 минут для самых высоких зданий.

Расчет времени цикла и количества жителей, эвакуируемых в заданный период времени, в зависимости от этажности здания и емкости кабин приведен в таблице. Последний анализ заселенности и архитектурного решения высотки позволяет выбрать необходимую систему с учетом количества жильцов и расстояния до эвакуационных выходов. В здании могут быть установлены одна или несколько систем с кабинами необходимой емкости. Это позволяет подходить к выбору конфигурации системы и с позиций экономической эффективности. В любом случае стоимость спасательной системы составляет менее 1% стоимости здания и не сравнима со страховыми выплатами пострадавшим от катастроф при отсутствии необходимых средств эвакуации.

Рассмотрим выбор оптимальной конфигурации системы для нескольких проектов, построенных или находящихся в разработке. Например, каждый блок 34–40–48-этажного многофункционального комплекса «ВеллХаус на Ленинском» в Москве (проект ЦНИИЭП жилища) требует изменяющейся емкости кабин для быстрой и полной эвакуации жителей каждого блока. Емкость кабин также можно выбрать для каждого блока. Если исходить из эксклюзивного характера квартир, то можно предположить, что они не будут многонаселенными, и, следовательно, выбрать среднюю емкость кабин эвакуации – варианты 1.2, 2.2 и 3.2. С другой стороны, принимая во внимание проведение приемов и встреч с большим количеством участников, на этажах, где расположены залы приемов, следует остановиться на вариантах 1.1, 2.1, 3.1. А для 40-этажного жилого комплекса с нежилыми первыми этажами и подземной автостоянкой на Краснобогатырской ул. в Москве (проект ЦНИИЭП жилища), состоящего из двух 40-этажных разде-

ленных башен, подходит вариант 2.2 с менее вместительной кабиной при установлении на здании не одной, а двух систем.

Как видно из приведенных примеров, аварийно-спасательная система эвакуации из высотных зданий позволяет адаптировать ее к жилым зданиям различной этажности и количества жителей. Эта и ей подобные аварийно-спасательные системы должны стать неотъемлемой частью инженерного оборудования при проектировании и эксплуатации высотных зданий. Только оборудование такого класса обеспечивает спасение большого количества людей в несопоставимо короткое время, не имеет физических и возрастных ограничений, компактна и экономически обоснованна. Ее наличие придаст жителям дополнительную уверенность в надежности высотного жилья и позволит уменьшить страховые платежи за эксплуатацию высотных зданий.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА-2010  
**ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

**25-27 МАРТА, КИСЛОВОДСК**

**РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ  
ТЕПЛО. ВОДА  
ЖКХ**

ВУ «КАВКАЗ» РОСТЭК ВЫСТАВКИ ЮГА РОССИИ Тел.: (87937) 331-79/74 kavkaz-expo@mail.ru



# Эволюция небоскреба:

## НОВЫЕ ВЫЗОВЫ В ЭПОХУ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЭКОНОМИЧЕСКОГО СПАДА

Международная конференция с таким названием состоялась 22–23 октября 2009 г. в Иллинойском технологическом институте (Illinois Institute of Technology, IIT), в Чикаго (США). Она была посвящена 40-летию образования Всемирного совета по высотным зданиям и городской среде (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, CTBUH). В мероприятии приняли участие 615 делегатов из 278 компаний и 35 стран.

На конференции шел разговор об основной в настоящее время регламентирующей современное архитектурное пространство области – вертикальном развитии архитектуры, о небоскребах. В Соединенных Штатах Америки это архитектурное явление стало характерным с конца XIX в. Не случайно именно в США 40 лет назад был создан Всемирный совет по высотным зданиям и городской среде. Участники конференции не только заслушали и обсудили более 40 докладов, но и посетили ряд небоскребов, как новых, так и реконструированных: башню Сирз (переименованную в Уиллис), башню Аква, башню Трампа, штаб-квартиру здания Blue Cross Blue Shield, здание Legacy в парке Миллениум и др. На приветственном приеме, проходившем в Зале для приемов башни Трампа, вице-президенту корпорации Trump Organization Эрику Трампу была вручена почетная грамота СТБУН, в которой говорится, что башня Трампа – самое высокое в мире цельнобетонное здание, самое высокое многофункциональное здание в Северной Америке.

Завершилось 20-летие беспрецедентного бурного развития высотного строительства, в ходе которого небоскребы стали высотными доминантами практически всех континентов. Однако в желании превзойти рекорды высотности и оригинальности формы архитекторы и девелоперы нередко сооружали высотные здания ради рекорда, имиджа.

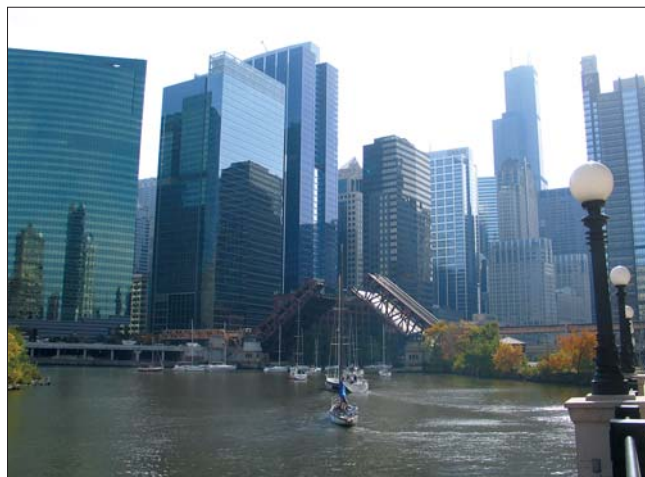
В наши дни высотное строительство, как и строительное в целом, сталкивается с двумя проблемами – глобального изменения климата и существенного спада мировой экономики. Однако участники конференции пришли к выводу, что сложившаяся ситуация даст возможность пересмотреть привычные методы высотного строительства, взять на вооружение новаторские подходы и креативные решения, которые будут доминировать в XXI в. Внедрение инновационных технологий и инженерного оборудования позволит оптимизировать себестоимость строительства небоскребов.

Как и следовало ожидать, особый интерес участников конференции вызвали доклады о двух сверхвысоких проектах, претендующих на звание сенсаций десятилетия – Бурж Дубай (Burj Dubai, 818 м), торжественное открытие которой состоялось 4 января 2010 г. и которая в настоящее время переименована в Бурж Халифа (Burj Khalifa) и баш-

не Трампа (Trump International Hotel & Tower), открывшейся незадолго до конференции. Докладчики из компании Trump Organization Эрик Трамп и Энди Вейс убедительно доказали, что поэтапное заселение высотных многофункциональных комплексов положительно влияет на окупаемость строительства сверхвысоких зданий. Они отметили, что, начиная строительство сверхвысоких зданий, надо быть готовым к определенной публичности. Подобную позицию озвучил и Мохаммед Али Алаббар из компании «ЭМААР» (Emaar Properties), девелопера Бурж Дубай. Докладчик акцентировал ведущую роль градообразующих объектов в формировании нового имиджа не только близлежащих районов, но и мегаполиса в целом.

Тони Кетл (компания RJM) и Артур Геншлер (компания Gensler) представили новые высотные проекты, которые в настоящее время находятся на стадии строительства или разработки. Это здание штаб-квартиры Газпрома в Санкт-Петербурге (Россия) и Шанхайская башня (Китай). Т. Кетл прокомментировал бурные дебаты сторонников и противников высотного строительства в Санкт-Петербурге, рассказал о конфликте между теми, кто утверждает что «Охта-Центр» нарушит охраняемый ЮНЕСКО исторический центр города, и теми, кто не хочет видеть в традицион-





но рабочем районе города разрушающиеся корпуса действующих предприятий и свалки, а стремится создать на их месте современный многофункциональный комплекс с грамотно организованными общественными пространствами. Докладчик также отметил, что месторасположение предлагаемого к строительству общественно-делового комплекса «Охта-Центр» научно обоснованно с градостроительной точки зрения\*.

В Шанхае со сверхвысокими зданиями никто не борется, к небоскрегам в городе привыкли и считают, что очередной высотный символ городу не помешает. Поворачиваемое на 120° по всей высоте 140-этажное здание Шанхайской башни завершит комплекс высотных зданий (Башня Джинь-Мао, 1999 г., и здание Всемирного финансового центра, 2008 г.), который, по замыслу его создателей, станет символом второго по величине города Китая.

Специалисты обсуждали не только уже построенные или спроектированные здания небоскребов. Живо дебатировались теоретические, технические и экономические аспекты дальнейшего увеличения высоты зданий. Например, еще недавно высота Бурж Дубай называлась беспрецедентной, а специалисты уже обсуждают возможность строительства зданий высотой более 1 км. Представленные на конференции небоскреб Nakheel (Дубай, ОАЭ) и «Чикагский шпиль» (Чикаго, США) – пример небоскребов будущего. Ричард Томацетти (компания Thornton Tomasetti) и Марк Митчсон-Лоу (компания Woods Bagot) предложили конкретные проектные решения проблем, возникающих при строительстве сверхвысоких зданий, например компенсацию ветровых нагрузок. М. Митчсон-Лоу отметил, что

проектом предусмотрено строительство башни Nakheel не как отдельно стоящего здания, а как целостного комплекса из четырех башен. Это позволит ветру циркулировать внутри пространства между башнями.

Было отмечено, что при строительстве сверхвысоких небоскребов будет необходимо учитывать не только технические проблемы, но и физиологические. Например, на высоте более 2 км требуется обеспечивать повышенное давление в помещениях во избежание повреждений органов слуха у людей. В каждом конкретном проекте сверхвысокого здания предстоит решать комплекс проблем в разных направлениях, чтобы обеспечить жизнеспособность самого здания, комфортность пребывания, в том числе длительного, в нем людей, гармоничное сосуществование небоскреба и окружающей среды и т. д. В условиях экономического кризиса большинство таких проектов отменяется или откладывается.

Докладчиками конференции были представлены и другие строящиеся мегапроекты, в числе которых Американский центр коммерции в Филадельфии (США), Бурж Мубарак аль-Кабир в Кувейте и др. Автор Бурж Мубарак, представитель компании Eric Kuhne Associates, Эрик Куне, отметил важность привязки мегапроектов к местности, ландшафту, наконец, к общественнозначимым идеалам и ценностям города или конкретного квартала.

Наряду с необходимостью повышения плотности застройки погоня за красивыми архитектурными формами и силуэтами стала еще одной причиной бурного развития высотного строительства в конце XX в. Высотно-видовые характеристики зданий стали своеобразными посланиями как отдельных архитекторов, так и общества в целом, отражая определенные периоды его развития. Новой актуальной темой высотного строительства стала жизнеспособность зданий. Посредством внедрения новых «зеленых» технологий (экодизайна), программы международной сертификации и т. п. девелоперы возводят более прочные высотные здания, оснащенные самыми современными системами энергосбережения. Докладчики, представлявшие индивидуальные проекты, остановились на некоторых конкретных чертах жизнеспособности современного небоскреба.

Так, Стив Уотс (компания David Langdon) отметил, что наряду с экономической максимизацией важными чертами

\* От редакции: см. статью Ф. Никандрова «Общественно-деловой комплекс «Охта-Центр». Историческое и градостроительное обоснование проекта новой высотной доминанты Санкт-Петербурга» в журнале «Жилищное строительство», №12–2008 г., стр. 34–39.

повышения жизнеспособности небоскребов является экологическая и социальная оптимизация. С. Уотс также предположил, что следующим значительным шагом на пути совершенствования проектирования высотных зданий могут стать нанотехнологии. Ден Пробст (компания Jones Lang LaSalle) отметил, что среди арендаторов офисных площадей вопросы жизнеспособности здания постепенно выходят на первый план. Представительные высотные здания, построенные с использованием энергосберегающих технологий, повышают авторитет компаний-арендодателей. Вот почему долгосрочные инвестиции в экологию здания не только окупаются, но и благоприятно влияют на рабочий микроклимат.

Ман Сум Вонг (компания WONA) и Рассел Гилкрист (архитектурное бюро SOM) представили проекты, в которых жизнеспособность оказывает значительное влияние на внешний вид небоскреба. М.С. Вонг представил проект башни Newton Suites Tower в Сингапуре – экологически чистого небоскреба, в котором для естественной вентиляции используется энергия ветра и предусмотрена «зеленая» стена в полную высоту здания. Р. Гилкрист рассказал о проекте Pearl River Tower в Гуанчжоу (Китай), где предусмотрена аккумуляция ветровой энергии, с тем чтобы потом использовать ее для производства электрической энергии. Адриан Смит (компания Adrian Smith + Gordon Gill Architecture) представила планы по модернизации



Башня Уиллис (бывшая Сирз)

и экологическому оздоровлению чикагской реликвии – башни Сирз (ныне Уиллис) и результаты исследования того, как можно снизить до минимума образование углекислого газа в районе Chicago Loop. Рас Хаффер (компания Viracon) и Гай Тернер (компания Intelligent Engineering / SPS Floors) показали возможность повышения жизнеспособности высотного здания посредством использования новых материалов для остекления и напольных покрытий.

Еще одна ключевая тема чикагской конференции – организация городской среды. Сравнивая города Восточного и Западного побережья США, Кларк Манус (компания Heller Manus Architects / AIA) рекомендовал обращать больше внимания на организацию общественного пространства между высотными зданиями, благоустроенность центров городов и районов. Подобные устремления не должны ограничиваться чисто практическими мерами вроде получения сертификата LEED. Жизнеспособность здания невозможно обеспечить посредством механического сочетания правильных компонентов, она достигается как результат их синергетического эффекта.

Директор Нью-Йоркского музея небоскребов Кэрл Уиллис привела несколько актуальных примеров, наглядно демонстрирующих зависимость влияния высотных зданий на окружающую среду от плотности застройки города или района. Так, для характеристики плотности застройки в районе Манхэттена К. Уиллис ввела термин «вертикальная плотность». Вышеозначенная тема была также рассмотрена в рамках специальной сессии под председательством Янис Тучман (компания ENR / McGraw-Hill). На ней выступили Сэнди Диль (компания United Technologies), Ричард Хансон (компания Mesa Development) и Адриан Смит и др. Участники сессии обозначили критерии оптимальной плотности застройки для высотных зданий в сравнении с малоэтажными зданиями и жильем в сельской местности.

Важность повышения жизнеспособности городских центров подчеркнул в своем выступлении лауреат награды им. Линна Бидла за профессиональные общественные достижения архитектор Джон Портман, который занимается проектированием высот-



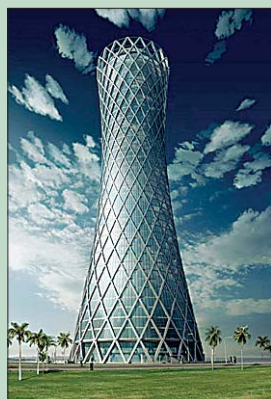
Т. Серебrenникова и А. Раевский (УралГАХА, Екатеринбург) на фоне Башни Трампа, 2009 г. Высота 360 м + шпиль 55 м

*В рамках конференции состоялась 8-я ежегодная церемония STVUH Awards, на которой были названы лучшие высотные новостройки всех континентов.*

Критериями отбора победителей стали тесная взаимосвязь архитектурной и инженерной составляющих проекта, экологичность и безопасность. Также постройка должна улучшать качество жизни, хорошо вписываться в окружающую среду, положительно влиять на экономическую активность района или города в целом.

Самым лучшим высотным зданием мира за 2009 г. по версии STVUH стал жилой комплекс **Linked Hybrid** по проекту Steven Holl Architects, возведенный в Пекине. Он имеет высоту всего 68 м. Восемь башен связаны в овальное кольцо восемью мостами, на которых разместились плавательный бассейн, фитнес-центр, кафе, выставочная галерея, зрительный зал и ночной клуб. Внутри кольца из башен расположены здания меньшей высоты с садами на крыше, а между ними — озелененный двор с деревьями и водоемами.

По мнению председателя наградного комитета STVUH Гордона Гилла, проект «предлагает передовой взгляд на проживание в плотной городской застройке».



Лучшим высотным зданием Америки названа штаб-квартира компании **Manitoba Hydro** в Виннипеге (Канада), разработанная Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects / Smith Carter Architects and Engineers Incorporated. 115-метровое 22-этажное здание имеет один из самых низких уровней энергопотребления в Северной и Южной Америке.

В Европе на первое место жюри поставило 178-метровую **The Broadgate Tower** (Лондон, Соединенное Королевство), спроектированную Skidmore, Owings & Merrill LLP. В этом проекте в полной мере соединяются назначение, контекст среды и экологическая устойчивость. Здание Broadgate Tower построено непосредственно над железнодорожными путями, ведущими на станцию Liverpool Street.

На Ближнем Востоке и в Африке первенство отдано **Tornado Tower** — самому высокому зданию среди победителей 2009 г. Эта 200-метровая 52-этажная башня, спроектированная CICO Consulting Architects & Engineers / SIAT Architekten + Ingenieure München GmbH, построена в столице Катара Дохе.

ных зданий более 50 лет.

В рамках празднования 40-летия Совета по высотным зданиям и городской среде состоялась торжественная и несколько необычная «сессия воспоминаний», в которой приняли участие шесть президентов STVUH — Лесли Робертсон (1985–1990), Шарль де Бенедиттис (1990–1993), Джимберто до Валле (1993–1996), Шанкар Наир (1996–2001), Рон Клеменчик (2001–2006) и Дэвид Скотт (2006–2009). Всем им было предложено рассказать о годах, когда они руководили работой Совета, проблемах и задачах в области высотного строительства в каждый период времени. Эти воспоминания убедительно показали, что основателю, первому президенту и директору Совета, Линну Биидлу, удалось успешно претворить в жизнь свои многогранные начинания.

Передавая бразды правления новому президенту STVUH, профессору Корейского университета г-ну Санг-де

Киму, покидающий свой пост президент Дэвид Скотт попросил своего преемника озвучить основные направления развития Совета на ближайшие годы. Профессор Ким отметил, что планирует расширить влияние Совета на Азиатском континенте. В своей деятельности С. Ким будет уделять внимание трем основным группам вопросов: оптимизации финансовых потоков STVUH, привлечению возможно большего числа академических членов, а также привлечению новых экспертов по различным аспектам развития высотного строительства и городской среды.

Традиционно поездку группы российских архитекторов на конференцию организовало Агентство «Лобби» под руководством Е.А. Шуваловой, регионального руководителя STVUH по России. В соответствии с условиями открытого конкурса архитектурных проектов «Небоскреб будущего глазами молодых», проведенного Агент-

ством «Лобби» при поддержке Всемирного совета по высотным зданиям и городской среде в 2009 г., в работе конференции «Эволюция небоскреба: новые вызовы в эпоху изменения климата и экономического спада» и праздновании 40-летия STVUH приняли участие победитель конкурса Т. Серебренникова, а также ее научный руководитель профессор А.А. Раевский.

*По всем вопросам взаимодействия со Всемирным советом по высотным зданиям и городской среде (STVUH), а также участия в конференциях и технических турах на объекты высотного строительства в разных странах мира обращайтесь в Агентство «Лобби».*



**aglobby@gmail.com**  
**shuvalova.e@gmail.com**  
**(495) 952-11-98**

**115191, Москва,**  
**ул. Серпуховской Вал, д. 19**



УДК 69.032.22

*А.И. ЯЩЕНКО, инженер, О.В. ЕВСТАФЬЕВ, инженер, М.Я. БРЫНЬ, канд. техн. наук,  
Петербургский государственный университет путей сообщения*

## Геоинформационное обеспечение возведения башни «Бурж Дубай»

*Приведены новейшие методы и процедуры геодезического обеспечения для удовлетворения требований строителей при возведении высотных зданий.*

**Ключевые слова:** высотное здание, геодезическое обеспечение, геоинформатика

Башня «Бурж Дубай» является главной частью проекта, который включает высотные отели, парки, галерею Дубай-Молл и рукотворное водохранилище «Бурж Дубай». В Башне «Бурж Дубай» размещены отели, резиденции, офисы и апартаменты.

Строительство было поручено генеральному подрядчику Samsung Engineering & Construction в группе с бельгийской компанией Besix и компанией Arabtec из Объединенных Арабских Эмиратов. В проекте были использованы смелые плановые и инженерно-технические идеи, применены сложные схемы доставки и хранения строительных материалов и инженерного оборудования. В настоящее время основные строительные работы на объекте завершены. За год до окончания на объекте ежедневно трудилось около 10 000 человек.

Здание было сооружено на столбчатых фундаментах. Более 200 железобетонных столбов диаметром 1,5 м и глубиной более 40 м поддерживает 3,7 м железобетонный массив фундаментной плиты [1]. Здание башни состоит из трех обособленных крыльев, установленных под углом 120° к центральной оси (рис. 1).

Крылья здания и центральное ядро жесткости механически связаны между собой балками на нескольких уровнях. Каждое крыло здания строится с постепенным сужением верху, в форме «трехгранного штыка». Бетонные плиты полов-перекрытий капитально связаны со стенами ядра жесткости. Выносные плиты карнизов перераспределяют возникающую нагрузку или передают на несущие балки. Проект включает большое количество крупных конструктивов и сложную планировку. Большинство стен являются несущими элементами здания. Толщина стен около 600 мм, несущие колонны оконечности флигелей имеют диаметр 2,5 м. До отметки 156-го этажа конструкция выполнена из железобетона.

Во время строительства достигнуто несколько рекордов:  
– применены бетонные насосы высокого давления, обеспечивающие доставку бетонной смеси на общую высоту 605 м от нулевой отметки за один подъем (цикл);

– на бетонное окончание конструкции (156-й этаж) смонтирована массивная металлоконструкция надстройки высотой более 200 м. Металлоконструкция надстройки удерживает высокую стальную трубу шпилья весом более 400 т. Шпилья длиной 140 м собирали внутри металлической конструкции и поднимали системами блоков более 87 м до отметки 818 м;

– в башне «Бурж Дубай» и цокольной части расположено более 65 лифтов, имеющих одинарные и двухэтажные

кабины. Часть скоростных лифтов поднимается выше отм. 500 м с нагрузкой до 4500 кг;

– остекление наружного фасада (145 000 м<sup>2</sup>) выполнено из закаленного стекла с алюминиевым напылением и текстурированных нержавеющей панелей с вертикальными трубчатым оребрением.



Рис. 1. Вид строительной площадки башни «Бурж Дубай»

Каждые три дня монтировался один этаж, что задавало темп, который диктовал все технологические процессы на объекте. Во время строительства достигался набор необходимой прочности бетона. Бетонный раствор подавался в холодные ночные периоды, так как высокая дневная температура не позволяла проводить бетонные работы.

На каждом участке процесс начинался с демонтажа опалубки предыдущего уровня, установки металлоконструкций, монтажа опалубочных форм, напорных бетонных рукавов и опалубки. Первостепенным являлся вынос в натуре и планировка суммарного ядра жесткости, которое отливалось одновременно на всех 9 зонах. Работы производились круглосуточно.

Геоинформатика применяется в разных отраслях и имеет в каждой свою специфику. Особенностью развития



Рис. 2. Возведение верхнего уровня башни «Бурж Дубай»



Рис. 3. Геодезическое оборудование на передвижной бетонной опалубке

геоинформатики является то, что она возникала и развивается на основе информации наук и благодаря этому является инструментом междисциплинарного переноса знаний. Процесс интеграции основан на системной интеграции знаний, нахождении единства и целостности интегрируемых дисциплин, получении синергического эффекта от интеграции [2, 3]. Геоинформатика развивается на основе интеграции разных наук, поэтому наряду с подходами и методами, характерными для строительства, включает ряд дополнительных методов. Базовыми понятиями, определяющими методологию строительной геоинформатики, являются: геоинформационная система; пространственные координаты; физические измерения; организация данных; геоинформационное и информационное моделирование; цифровая модель; интерфейс визуализации информации. Как междисциплинарная наука, геоинформатика является инструментом практики и теории познания об объективной реальности окружающего мира. Строительная геоинформатика является в большей степени носителем идей строительной индустрии и строительной геодезии.

Как правило, геодезические работы при возведении высотных зданий выполняются среди арматуры, металлоконструкций, материалов и оборудования на монтажном горизонте, при работающих грузоподъемных механизмах и кранах. Рабочая зона перенасыщена материалами, оборудованием, персоналом, и это накладывает свои требования при выполнении высотных работ. Подобные факторы осложняют проведение геодезических работ. Геодезические работы включают большое количество задач, от разбивки и установки колонн и балок, стен, проемов и лифтовых шахт до разметки контура остекления. Также геодезические работы проводятся для измерения деформаций и динамических процессов, для уточнения значений текущих и проектных параметров поведения объекта и обнаружения внезапных отклонений.

Во время строительных работ башни «Бурж Дубай» проведен значительный объем исследований типов движений, величин смещений, их периодов и амплитуд, а также последствий смещений в значениях определения положения инструмента и строящегося объекта. Проведен анализ направления ветра, найден «ветровой туннель» и проведены консультации. Проведены значительные объемы наблюдений за поведением объекта, разработаны способы мониторинга конструкции, анализа его проведения, методы коррекции смещения, отработаны допуски и нормы колебаний. Все полученные данные были систематизированы и объединены в общую базу, для удобства обработки, моделирования и анализа.

В процессе строительства геодезические работы становились больше похожи на управление вертикализацией каждого отдельного простого элемента стены по отношению к общей вертикали путем отдельной коррекции каждого положения, но со строгим ограничением предела по величине коррекции и по мере увеличения высоты конструкции. Это должно быть сделано, пока колебания конструкции находятся в заданных пределах.

Существует несколько мнений по поводу оптимальных методов геодезических работ для обеспечения строительства высотных зданий. Метод оптического отвеса сквозь плиты перекрытий ограничен и редко используется на таких высотных объектах. Использование оптического отвеса требует большого количества сквозных вертикальных

каналов (технологических окон) в плитах перекрытий и наличия свободной оптической видимости для визирования. Это требует контроля за положением и состоянием строительных лесов и подмостков: по мере возрастания здания контроль требуется каждые 30 или более этажей. Движения и колебания здания являются причиной смещения измерительного оборудования и поэтому точные координаты контрольных точек известны только в данное конкретное время наблюдения или во время нового повторного наблюдения.

В башне «Бурж Дубай» существует 9 зон ядер жесткости, на каждом из которых производился отдельный независимый геодезический контроль. Темпы строительства не оставляли достаточного времени на производство геодезических работ традиционными методами построения и передачи информации от базовых точек опорного обоснования.

Предложенная технология использования высокоточного спутникового оборудования на верхней площадке возводимого здания, а также использование дополнительного геотехнического оборудования на определенных этажах (уровнях) с обработкой информации внизу, в геодезическом офисе потребовали создания новых независимых геодезических решений для каждого монтажного участка бетонных работ (рис. 2).

Применяемый метод потребовал использования трех комплектов двухчастотных спутниковых ГЛОНАСС/GPS геодезических приемников со спутниковыми геодезическими антеннами, установленными наверху передвижной бетонной опалубки (рис. 3). ГЛОНАСС/GPS-приемники выпол-

няли измерения в режиме «кинематика на лету». Спутниковые антенны были установлены соосно с круговыми (360°) призмами, обеспечивая возможность наблюдения тахеометром с различных сторон. На объекте использована постоянно работающая базовая станция в составе choke-ring антенны и двухчастотного спутникового ГЛОНАСС/GPS геодезического приемника под управлением специального программного обеспечения. На каждом монтажном горизонте бетонных работ определялись координаты необходимых точек, и наблюдения подкреплялись измерением азимута на удаленную точку, установленную на одном из высотных зданий, и сохранялись в базе. Несмотря на помехи интерференции и отражения сигнала от металлоконструкций, определение положения показывало точность лучше чем 10 мм. Контроль с использованием спутниковых измерений выполнялся только в плане (2D).

Одним из важнейших этапов строительства являлось определение реального местоположения башни. Опорные точки, определенные с помощью ГЛОНАСС/GPS-приемников, имеют точные известные координаты в пространстве, но поскольку сооружение все время движется, координаты опорных точек не «отнесены» к конструкции сооружения. Необходимо было определение текущих координат верха сооружения (плановых осей). Но ни одна точка конструкции не может быть измерена заново и определена, потому что верх здания постоянно надстраивается (рис. 4). Все леса и подмости, которые могут быть использованы для каждой точки, неразрывно связанной с верхом (верхушкой) перед-



Рис. 4. Рабочее место геодезиста

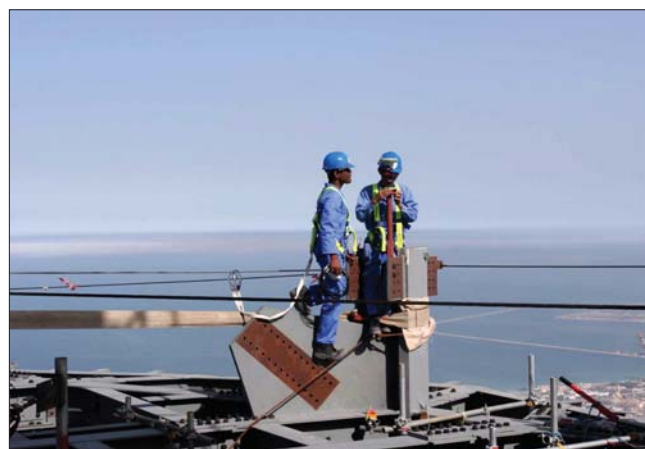


Рис. 5. Установка геодезических антенн



Рис. 6. Монтажный горизонт:  $\Delta$  — место установки тахеометра;  $\circ$  — место установки антенны

вижных опалубочных форм (щитов), постоянно перемещаются гидравлическим домкратом. Использование ГЛО-НАСС/GPS геодезических антенн (рис. 5) на поднятых штангах над вертикальными стенами уменьшало искажения сигнала (рис. 6).

Для изменения положения конструкции были установлены 8 двухосевых инклинометров на первых 156 этажах железобетонной конструкции башни. Инклинометры были смонтированы на кронштейнах на стенах ядра жесткости центральной части башни. Инклинометры способны измерять собственный наклон по оси X и Y с точностью до 0,6" (2,5 мм на 1 км) и могут выдавать данные наклона в реальном режиме времени через последовательный порт с частотой 1 Гц. Датчики объединены проводной сетью, управляемой компьютером. Специализированное программное обеспечение избирательно опрашивало датчики сети и со-храняло конфигурированные данные часовых файлов от всех датчиков с секундной дискретизацией в базах данных. Зная высоты установки датчиков и измеряя наклон, это позволяло определить среднее отклонение верха здания от вертикали в каждый период времени (принцип бамбукового удилища).

Объединенные интегрированные данные от всех датчиков позволяли с помощью геоинформационного моделирования [4] определить основное смещение верха здания от проектного значения. В любой момент времени можно было удаленно определить основное положение верха конструкции с точностью до 10 мм. Надежность измерений достигалась калибровкой каждого инклинометра. Их реальная точность до сих пор не знает аналогов.

Выносились высотные пикетажи к смещенным координатам башни с таким расчетом, что потом, когда внешние воздействия изменятся до нормальных значений, величина смещения вернется к прежним численным величинам.

Комбинированная геоинформационная система стала использоваться с самого начала производства строительных работ, с «нулевого уровня», еще до того как произошло наглядное проявление смещений (подвижки и колебания). Измерения были проверены традиционными методами, методом «обратной засечки на контрольную точку». Это был важный этап работ. Корреляция результатов обеспечивала качественную проверку для выполнения работ и, что самое главное, уверенность. Со временем были подобраны оптимальные способы фильтрации данных, улучшена обработка потока данных и их представление, а также методы проверки качества и целостности данных.



Рис. 7. Устройство шпиля башни «Бурж Дубай»

Во время строительства выполнялось обеспечение техническими данными каждого «стенового» элемента в виде отчета сразу по завершении выполнения бетонных работ. Производство работ стало простым, «прозрачным» процессом. Система обеспечивала геодезическую службу данными в условиях ограниченной видимости и при любых погодных условиях без необходимости перерывов для технологических операций и работы грузоподъемных механизмов.

На окончание железобетонной конструкции на уровне 156-го этажа были установлены стальные конструкции надстройки и шпиль, которые поднимались вместе более чем на 250 м (рис. 7). Вся сборка металлоконструкции надстройки и шпиля заняла около 19 месяцев.

При высотном строительстве большинство знаков геодезического обоснования конструкции получает смещения в ходе строительства из-за сжатия громадным весом конструкции основания и опорной плиты фундамента. Смещения в плане происходят как результат колебаний движения башни «Бурж Дубай» и усадочной деформации бетонных перекрытий и колонн. При передаче координат традиционным методом отсутствует уверенность в правильности и достоверности передачи информации от точки к точке. Для удаленного и постоянного мониторинга при строительстве башни были созданы и применены программы деформационного и динамического анализа.

Геоинформатика и неразрывно связанная с ней технология обеспечили превосходные технические и эксплуатационные параметры. Геодезическая служба была обеспечена высокоточными и надежными данными при всех погодных условиях и при активной работе грузоподъемных механизмов. Использование новых геоинформационных методов мониторинга наряду с традиционными смогло с высокой точностью контролировать поведение здания. Необходимо отметить, что геодезическая практика сделала громадный шаг в развитии высотного строительства и достигла небывалых стандартов точности и надежности.

#### Список литературы

1. Яценко А.И. Геодезическое обеспечение возведения небоскреба Burj Dubai // Геопрофи. 2009. № 6. С. 36–41.
2. Потапычев С.Н., Панькин А.В. Геоинформационная система как основа поддержки принятия решений // Инновация. Информационные технологии и ресурсы. 2003. № 8. С. 22–24.
3. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений. М.: МаксПрогресс. 2001. 312 с.
4. Левин Б.А., Круглов В.М., Матвеев С.И., Цветков В.Я., Коугия В.А. Геоинформатика транспорта М.: Рос. акад. наук, ВИНТИ. 2006. 334 с.

**Подписка на электронную версию**

Актуальная информация для всех работников  
строительного комплекса

ЖИЛИЩНОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО

<http://ejournal.rifsm.ru/>

УДК 69.032.22

*К.Л. ЗОРИН, архитектор,  
архитектурная мастерская «4D Studio» (Москва)*

## Перспективы развития современных высотных зданий

*Приведены примеры проектов небоскребов, которые могут стать основой для развития современной науки о высотном строительстве. Показано, что воплощение предлагаемых проектов повлечет изменение восприятия пространства человеком.*

**Ключевые слова:** небоскреб, инфраструктура, среда обитания.

Все ключевые вехи в истории архитектуры, как правило, являются симбиозом новаторских конструктивных решений и нового стилистического языка. Так, в XIX в. научно-технический прогресс позволил массовое использование металлоконструкций и стекла. Это стало мощным импульсом для строительства технически сложных объектов, в том числе высотных зданий. Родоначальником этого направления стал американский архитектор Л. Салливан. Спроектированные им небоскребы создали неповторимый облик крупного современного города и уникальное ощущение деловой жизни. С этого времени небоскреб олицетворяет власть и могущество, показывая престижность и главенство в застройке города. Конечно, эти ощущения в первую очередь продиктованы специфическими характеристиками – самый высокий, самый дорогой, самый технологичный. Например, апофеозом богатства и роскоши арабского мира стал небоскреб «Бурдж Дубай» (Объединенные Арабские Эмираты), который достигает высоты 880 м и является самым высоким зданием в мире.

Однако будущее высотного строительства может принципиально изменить представление об этом типе сооружений. Город предстает собой сложный многоуровневый организм, где кардинально меняется восприятие пространства, которое становится плотнее и насыщеннее. Городские связи перестают существовать только на плоскости. Они развиваются как по горизонтали, так и по вертикали. Привычные ориентиры видоизменяются. При этом размер объекта может стать основополагающим критерием для новой структуры, которая по своему

функциональному наполнению способна противопоставить себя городу. В этом случае небоскреб становится своеобразным домом-городом.

В этой связи попытаемся рассмотреть наиболее яркие проекты недалекого будущего, которые могут стать отправными точками для новых домов-городов. Актуальность таких городов наиболее высока в странах с высокой плотностью населения – это преимущественно страны Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии. К примеру, испанские архитекторы М.Р. Сервера и Х. Пиоз придумали и предложили проект «Башня Кипарис» (рис. 1), которую планируется построить в Шанхае (Китай). В основу конструктивного решения небоскреба легли принципы архитектурно-строительной бионики, которая на базе естественных законов формирования и структурообразования живых тканей позволяет создать новые конструктивные приемы. В основу проекта испанцев был положен принцип строения дерева. Небоскреб подобен кипарису высотой 1228 м. Город-башня рассчитан на 100 тыс. человек. В башне будет 300 этажей, и расположены они будут в 12 вертикальных кварталах. Внутри кварталов планируются разновысокие объемы с вертикальными садами. В этом проекте впервые появляется попытка создать сложную структуру города в едином корпусе здания.

Власти Токио (Япония) пошли дальше и предложили инвестпроект небоскреба, который по своим функциональным возможностям действительно приближается к образу дома-города (рис. 2). Так называемый Mega-City Pyramid рассчитан на 750 тыс. человек. Проект будет иметь форму пирамиды, высота которой достигнет рекорд-

ных 2000 м. В пирамиде будут жилые районы, офисы, культурные центры и всевозможная городская инфраструктура. Несущая структура Mega-City Pyramid будет состоять из множества сегментов-пирамид, составленных в несколько уровней. Улицами станут огромные трубы, расположенные во всех направлениях и соединенные в местах пересечения шарообразными узлами. Внутри вертикальных труб планируется разместить лифты и эскалаторы, а в горизонтальных появятся бегущие дорожки. Шары-узлы станут пересадочными станциями. Архитектура в этом случае является заложницей конструктивных решений. Небоскреб такого плана в большей мере достижение инженерной мысли, чем свободное творчество архитектора.

Особняком в современной архитектурной практике стоит уникальный по своей амбициозности проект японской корпорации 4-километровый



*Рис. 1. Проект «Башня Кипарис» планируется реализовать в Китае*

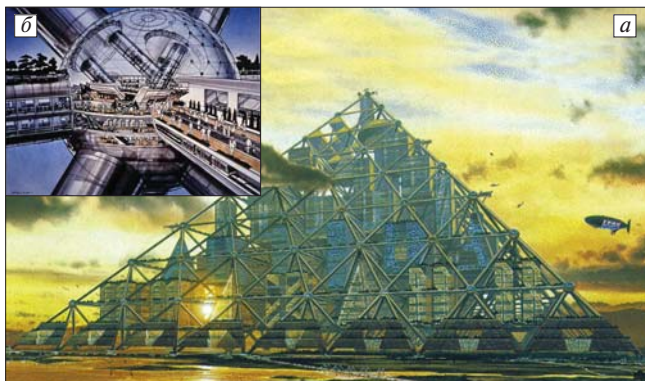


Рис. 2. Проект Mega-City Pyramid (Япония): а – внешний вид; б – макет передающей станции



Рис. 3. Небоскреб X-Seed 4000 предложен к реализации в Токио: а – вид башни, вписанный в панораму Токио; б – одна из конструкций предлагаемого проекта

небоскреб «X-Seed 4000» (рис. 3). По замыслу разработчиков сооружение будет насчитывать 800 этажей. При этом площадь здания займет 6 км<sup>2</sup>. Небоскреб сможет вместить до миллиона человек. Надо отметить, что средняя плотность населения в Токио в настоящее время 5740 чел. на км<sup>2</sup>. Простой подсчет показывает, что плотность населения на территории «супердома» будет в 29 раз выше, чем в среднем по городу. Таким образом, постройка огромного здания становится универсальным способом уве-

личения плотности застройки крупнейшего мегаполиса.

И все же главным аспектом, связанным со строительством высотных сооружений, является кардинальное изменение жизненного уклада человека. Меняется характер восприятия пространства. Вертикальный город дает новое революционное ощущение пространства. В данном случае архитектура может менять человека на уровне психологии и мироощущения. К примеру, как человек будет воспринимать чисто психологически здание, которое на 200 м выше, чем свя-

щенная для японцев гора Фудзияма? Как здание или как своеобразный элемент местного ландшафта? В данном случае размер здания не просто параметр, а новый формат жизни.

Вполне вероятно, что высотная архитектура станет уместной средой обитания человека, способной увязать естественное жизненное пространство человека с реальностью жить в новом мире технологии и скорости. Создание благоприятной среды обитания в высотных зданиях – одна из важнейших инженерных задач.

17-19

марта

Ярославль

ГКВК «Старый Город»



открой  
перспективы

# ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

шестая  
специализированная  
выставка

www.yarstroyforum.ru

Организаторы



ИНФОКОМ  
www.yarinfo.com

Генеральный информационный спонсор



СТРОИТЕЛЬНАЯ  
ОРБИТА

Информационные спонсоры



Стройка  
ГРУППА ГАЗЕТ



EXPONET

Организаторы: ИНФОКОМ www.yarinfo.com

Генеральный информационный спонсор: СТРОИТЕЛЬНАЯ ОРБИТА

Информационные спонсоры: Стройка ГРУППА ГАЗЕТ, EXPONET, КРОВЛИ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ



## К 75-летию Валерия Митрофановича Острецова

Валерий Митрофанович Острецов, первый заместитель генерального директора, директор ЦНИИЭП жилища, председатель Совета директоров ЦНИИЭП жилища, заслуженный строитель РСФСР, родился 2 февраля 1935 г. в семье военнослужащего. В 1952 г. поступил в МИСИ им. В.В. Куйбышева на специальность инженер-строитель по промышленному и гражданскому строительству. По окончании института распределен в ГПИ «Горстройпроект», где начал трудовую деятельность в должности инженера. В связи с реорганизацией в августе 1963 г. переведен на работу в Центральный научно-исследовательский и проектный институт типового и экспериментального проектирования жилища.

Стаж его работы в ЦНИИЭП жилища около 50 лет; на посту первого заместителя генерального директора по производственной деятельности – около 25 лет. Долгие годы он возглавлял авторский коллектив по разработке проектов новой домостроительной системы с широким шагом поперечных несущих стен для застройки многих городов РФ: Свердловска, Набережных Челнов, Североморска, Березников, Перми, Нижнего Новгорода и др.

Валерий Митрофанович является автором впервые примененных в практике российско-го домостроения новых технических решений: калиброванных крупноразмерных панелей перекрытия, двухмодульных панелей наружных стен из ячеистого бетона, безрулонных проветриваемых кровель и др.

За разработку проектов домов и застройку г. Набережные Челны В.М. Острецов награжден орденом «Знак Почета» и стал лауреатом премии Совета Министров СССР. Много лет Валерий Митрофанович работал над созданием домостроительной базы и застройкой Свердловска и других городов среднего Урала. Эта работа получила высокую оценку правительства. В.М. Острецов был второй раз удостоен звания лауреата премии Совета Министров СССР.

С 1985 г., работая в качестве главного инженера, а в настоящее время первого заместителя генерального директора – директора института, Валерий Митрофанович определяет техническую политику ЦНИИЭП жилища. В 1990-е гг. под его руководством разработаны проекты военных городков для военнослужащих Западной группы войск, вывезенных из Германии. За эту работу он был награжден Орденом Дружбы. При непосредственном участии В.М. Острецова ЦНИИЭП жилища разработал новые системы жилых зданий крупнопанельного домостроения ГМС-2001, 222 и 220 для Москвы и Московской области. В настоящее время микрорайоны различных округов Москвы и Подмоскovie застраиваются по проектам зданий указанных систем. В 2005 г. под руководством В.М. Острецова разработана система многоэтажных крупнопанельных зданий для Ростова-на-Дону, Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Начиная с 1997 г. деятельность Валерия Митрофановича, в основном, сосредоточена на проектировании объектов для Москвы и Подмоскovie. Он является автором и руководителем работ по проектированию «восьмой высотки» Москвы – 43-этажного жилого дома на Давыдовской улице. Под руководством В.М. Острецова за последние пять лет институтом разработаны проекты семи высотных зданий для строительства в различных округах Москвы.

С 2008 г. Валерий Митрофанович является руководителем авторского коллектива по разработке проектной документации для строительства Дальневосточного федерального университета во Владивостоке, полуострова Саперный о. Русский Владивостокского городского округа, где в 2012 г. будет проходить саммит АТЭС.

В 1999 г. Валерию Митрофановичу присвоено почетное звание академика, профессора Международной академии архитектуры. Он является академиком, профессором Академии проблем безопасности, обороны и правопорядка. В 2005 г. за разработку и освоение прогрессивной технологии строительства жилых домов из монолитного железобетона В.М. Острецов был удостоен премии Правительства Российской Федерации.

**Коллеги, редакция и редакционный совет журнала «Жилищное строительство» желают Валерию Митрофановичу Острецову здоровья и творческих успехов.**



Жилой комплекс «Гранд-Парк» на Ходынском поле, Москва



Административный комплекс на ул. Генерала Ермолова, Москва



Высотный жилой комплекс, Екатеринбург



Многоэтажный жилой комплекс «Ностальгия», Москва

# HI-TECH BUILDING 2009

С 8 по 10 декабря 2009 г. в Москве в Гостинном дворе прошла 8-я Международная выставка HI-TECH BUILDING 2009. Организатором выставки выступила компания «МИДЭКСПО» при поддержке Комитета Государственной думы по строительству и земельным отношениям, Департамента экономической политики Москвы, Департамента городского строительства Москвы, Департамента топливно-энергетического хозяйства Москвы. Выставку HI-TECH BUILDING, являющуюся главным событием на рынке автоматизации зданий и жилых домов в России и странах СНГ, посетили более 8 тыс. человек.

Выставка HI-TECH BUILDING не только представляет ведущие мировые технологии и оборудование для автоматизации и диспетчеризации инженерно-технических и информационных систем здания, но и объединяет ведущих игроков рынка строительства, автоматизации и эксплуатации зданий. Основной акцент в 2009 г. сделан на эффективность инвестиций в оснащение зданий, оптимальное внедрение инженерных систем, а также экономический эффект от применения систем автоматизации и диспетчеризации: энергосбережение, снижение затрат на обслуживающий персонал, снижение аварийных ситуаций и т. п.

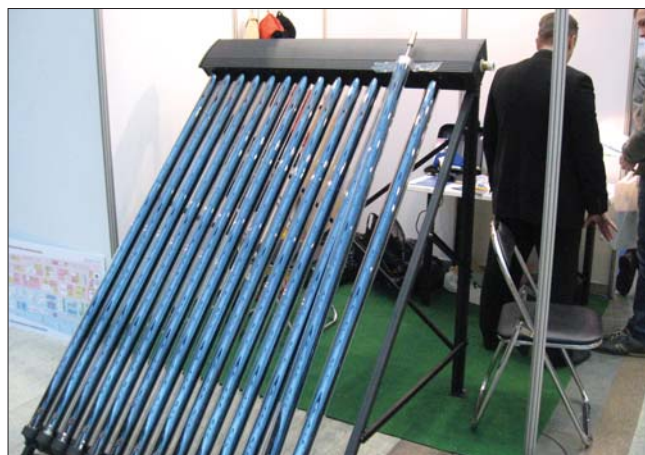
В рамках выставки состоялся международный конгресс, включающий семинары, круглые столы, тренинги производителей. Одним из ключевых событий выставки стал круглый стол «Энергоэффективность как основа создания современной инфраструктуры города. Сокращение издержек по управлению и эксплуатации зданиями», где обсуждались самые актуальные вопросы в сфере девелопмента и инвестирования объектов коммерческой и жилой недвижимости с использованием энергоэффективных технологий. В Европе энергоэффективность рассматривается как основной проектный и эксплуатационный показатель, широко применяется практика энергоаудита, сертификации на «зеленые» здания, а автоматизация является реальным инструментом управления энергоэффективностью. В России есть только общее представление о таких технологиях, а высокая цена их внедрения пугает заказчиков, несмотря на гарантии окупаемости в связи с постоянным ростом тарифов на электроэнергию. Энергоэффективное здание – это здание с оптимизированными энергетическими процес-

сами, потребление энергии в котором значительно ниже обычного здания. Успешность энергоэффективных систем – в комплексном проектировании, инсталляции и эксплуатации. На Западе существует успешный опыт создания общественного мнения о строительстве «зеленых» зданий, которое формируется при государственной поддержке и участии коммерческих и общественных организаций, что повышает мотивацию применения энерго- и ресурсосберегающих технологий в строительстве.

В рамках семинара «Проектирование интеллектуальных зданий и умных домов в практике современных архитектурных решений» обсуждались вопросы технической поддержки современной архитектуры. В докладе руководителя архитектурного бюро «+ ААР», члена правления Клуба немецких архитекторов и инженеров в Москве Н. Риккерта было отмечено, что затраты энергии в Германии распределяются следующим образом: частный сектор потребляет 30% всех энергоресурсов; промышленность – 26%; транспорт – 28%; торговые и офисные услуги – 16%. Причем на отопление зданий приходится до 75% энергии. В итоге здания используют 72% всех энергоресурсов страны. Экономия от применения энергосберегающих мер может привести к экономии энергии до 60% в жизненном цикле коммерческого здания и до 70–100% в частных объектах! Необходимы ориентация на жизненный цикл здания и используемых строительных материалов; повышение качества проектирования и его оптимизация; соблюдение стандартов и норм с целью повышения качества строительства; грамотная интеграция объекта в структуру города. Строительство здания занимает лишь 11% расходов в жизненном цикле здания; 25% – ремонт и



Макет автоматизации коттеджа на стенде ООО «Бекхофф Автоматизация»



Солнечный вакуумный коллектор, представленный компанией «Умный дом – Москва»



переоборудование; 50% – эксплуатационные расходы. Роль архитектора сводится не только к разработке проекта, но и к интеграции специалистов на основе знания функционального назначения здания.

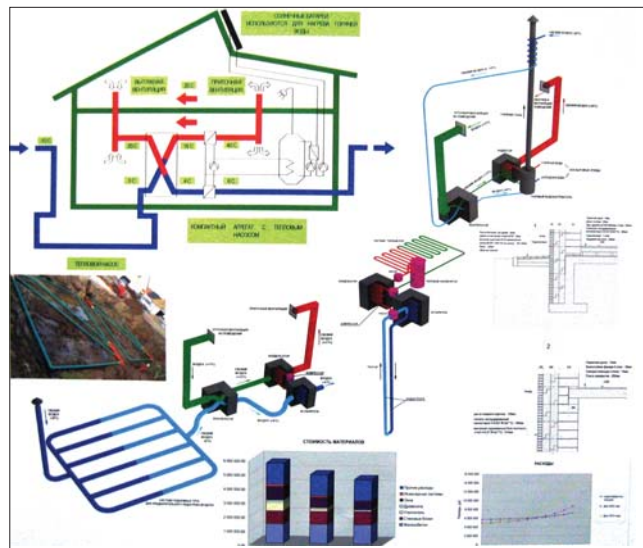
На семинаре отмечалась важность энергосбережения в системах освещения современных зданий. В настоящее время управляющие компании вынуждены сокращать свой бюджет. Способов экономии на освещении всего два. Первый – это замена ламп на энергоэффективные. Практически экономия электроэнергии при такой замене не превысит 10%. Второй – обоснованное уменьшение времени горения ламп. Для реализации этого принципа экономии необходимо установить датчики освещенности, присутствия и движения, а также изменить существующую схему электроснабжения. На практике возникает несколько трудностей: определение уменьшения времени горения ламп; установка режима включения-выключения; выбор системы видеонаблюдения (камера ночного видения стоит дороже) и др. В результате энергосберегающие технологии и энергоэффективное оборудование будут востребованы. Сложнее всего с их внедрением в действующих зданиях, где важно учитывать все сложности при обосновании экономического эффекта и при расчете сроков окупаемости инвестиций.

На стенде ООО «Бекхофф Автоматизация» (Москва) демонстрировалась система модулей ввода-вывода, состоящая из головной станции с интерфейсом промышленной шины и электронных клеммных модулей, число которых может достигать 64. С помощью расширения шины возможно увеличение количества распределенных модулей до 225 на одну станцию. Все датчики и исполнительные устройства, входящие в систему автоматизации здания, можно подключать непосредственно к модульной клеммной колодке ввода-вывода. Система позволяет осуществлять контроль и управление через сеть Интернет.

Компания «Умный Дом – Москва» представила солнечный вакуумный коллектор, сбор тепла в котором осуществляется за счет нагревания внутренней стенки вакуумной трубки. Производители предлагают использовать систему как дополнительный источник энергии в классических системах отопления, позволяющий покрыть 50–90% потребности в тепловой энергии для отопления.

В рамках выставки прошел первый профессиональный конкурс на лучшие проекты по оснащению объектов недвижимости системами автоматизации и диспетчеризации NITECH BUILDING AWARDS 2009. Номинантами конкурса стали компании – системные интеграторы из Москвы, Новосибирска, Екатеринбурга, Самары и других городов России. В номинации внедрение систем безопасности (системы противопожарной безопасности, системы контроля доступа, видеонаблюдения) лучшим признан проект административного здания с помещениями общественного назначения и подземной автостоянкой в Новосибирске, разработанный ООО «Дельтатехсервис» (Новосибирск). В номинации автоматизации систем освещения для корпоративного сектора лучшим стал проект автоматизации общего назначения Петровского путевого дворца «Дом приемов Правительства Москвы с гостиничной функцией», представленный ЗАО «Тесли» (Москва). В номинации автоматизация систем освещения для частного сектора был отмечен частный коттедж в Подмосковье, представленный компанией «Креатив Инстал» (Москва).

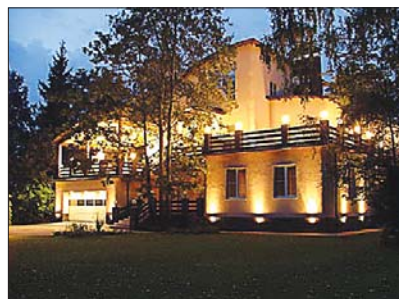
**Л.В. Сапачева, канд. техн. наук**



Проекты инженерного обеспечения энергоэффективного дома, предложенные ООО «Аэнерджи» (Москва), позволяют снизить расходы на энерго- и теплоснабжение за счет использования энергосберегающих технологий



Лучший проект по автоматизации систем освещения для корпоративного сектора (Путевое дворце, Москва)



Лучший проект по автоматизации систем освещения частного сектора (коттедж в Подмосковье)

Лучший проект по внедрению систем диспетчеризации (Бизнес-Центр, Новосибирск)



На выставке NI-TECH BUILDING 2009 посетители смогли познакомиться с передовым оборудованием для оснащения современного здания и жилого дома.

Хочется надеяться, что в 2011 г. выставка-конгресс будет не менее содержательной и интересной.

# ПРОГРАММА СТРОИТЕЛЬСТВА СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В МОСКВЕ

**23 декабря 2009 г. состоялась пресс-конференция первого заместителя мэра Москвы в правительстве Москвы, руководителя Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции Москвы В.И. Ресина на тему: «О предварительных итогах работы градостроительного комплекса Москвы в 2009 году и перспективах на 2010 год»**

В.И. Ресин сообщил, что в 2009 г. все усилия строительного комплекса столицы были направлены на решение социальных вопросов москвичей. Ввод площадей в жилых домах только на территории Москвы ожидается на уровне около 3 млн м<sup>2</sup>. Из них по городским жилищным программам за счет средств бюджета города изначально планировалось построить 722,2 тыс. м<sup>2</sup>. Реальный ввод жилья за счет средств бюджета будет на 100 тыс. м<sup>2</sup> больше. Еще около 400 тыс. м<sup>2</sup> социального жилья город получит по инвестиционным контрактам.

По программе ликвидации пятиэтажного и ветхого жилищного фонда в 2009 г. ожидается снос 241 здания площадью 700,1 тыс. м<sup>2</sup>, из которых 146 жилых зданий сносятся серий площадью 551,4 тыс. м<sup>2</sup>. Московскими строителями предусмотрен ввод в эксплуатацию 33 дошкольных образовательных учреждений, 10 общеобразовательных школ, 5 блоков начальных классов и одной пристройки.

По программе развития материальной базы городского здравоохранения введены в эксплуатацию 2 поликлиники, Центр патологии речи и нейрореабилитации на 176 коек и больничный корпус на 50 коек НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДГКБ № 20 им. Тимирязева (Центр Рошаля), 28 физкультурно-оздоровительных комплексов.

Завершена реконструкция Мемориального музея космонавтики, отреставрирован и восстановлен у входа на ВВЦ монумент «Рабочий и колхозница». Продолжаются работы по реставрации театра «Геликон-опера», объектов Московского зоопарка, по восстановлению усадеб Коломенское, Кузьминки, Воронцово, Останкино, Кусково. Развернуты реставрационные и реконструктивные работы на основном здании Государственного академического Большого театра России.

В рамках программы по обеспечению жильем военнослужащих Министерства обороны Российской Федерации в

различных регионах страны московские строительные компании приступили к строительству жилых домов. Только в городах Балашихе и Подольске строятся жилые корпуса суммарной площадью около 1,5 млн м<sup>2</sup>.

Руководитель Департамента дорожно-мостового и инженерного строительства Москвы А.Н. Левченко рассказал, что по программе развития городской дорожной сети открыто движение по Варшавскому ш. на участке от МКАД до п. Щербинка; по Дмитровскому ш. на участке от Малого кольца Московской железной дороги до Коровинского ш., по Волоколамскому тоннелю. Построены и введены в эксплуатацию пешеходные переходы на Варшавском, Дмитровском, Ленинградском ш.; на Звенигородском, Ленинградском и Севастопольском проспектах.

Реконструированы прилегающие улицы и завершены подготовительные работы для строительства основной трассы первого участка Четвертого транспортного кольца от ш. Энтузиастов до Измайловского ш., в ближайшие дни будет открыт Крестовский путепровод. Продолжаются работы по строительству Краснопресненской магистрали. Ведется строительство связки Звенигородского пр. с Третьим транспортным кольцом, реконструкция Ленинградского ш., в состав которого входит строительство Алабяно-Балтийского тоннеля и второго моста через канал им. Москвы.

В 2009 г. ожидаемый ввод в эксплуатацию машино-мест в гаражах-стоянках составит порядка 140 тыс., из которых порядка 70 тыс. машино-мест предусмотрено построить по программе «Народный гараж». В рамках программы «Народный гараж» организованы мероприятия по проектированию и строительству в 2010 г. 423 объектов на 147,2 тыс. машино-мест суммарной площадью около 5 млн м<sup>2</sup>.

Характеризуя перспективы 2010 г., В.И. Ресин сказал, что ставится задача не только сохранить объемы работ, выполненных в 2009 г. по направлениям социального развития, но и увеличить объемы инвестиционного строительства. Согласно адресной инвестиционной программе Москвы в 2010 г. предусмотрен ввод: 3 млн м<sup>2</sup> жилья, из которых 1 млн м<sup>2</sup> по городским социальным программам; 11 школ, 2 блока начальных классов, 1 колледжа; 25 детских садов; 5 объектов здравоохранения; 7 физкультурно-оздоровительных комбинатов. В дорожном строительстве в 2010 г. планируется построить и ввести в эксплуатацию мостовой переход через канал им. Москвы на Ленинградском ш.; Алабяно-Балтийский тоннель (в коротком варианте); участок Краснопресненского проспекта от ул. Живописная до 3-го Силикатного пр.; направленные эстакады-съезды на пересечении проспекта Маршала Жукова с МКАД; будет проводиться реконструкция Панфиловского проспекта и др.



Строительство Алабяно-Балтийского тоннеля (январь 2010 г.)

К выходу монографии М.К. Ищука

## Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. 360 с.



Автор монографии М.К. Ищук, заместитель директора ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, более тридцати лет занимается исследованием прочности каменных конструкций.

В монографии обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. С конца 1990-х гг. в России началось массовое строительство зданий с наружными облегченными стенами с лицевым слоем из кирпичной кладки. Это было связано с введением повышенных требований по обеспечению сопротивления стен теплопередаче.

Разработанная ЛЕНЗНИИЭП и ЦНИИСК в конце 1980-х гг. типовая серия 2.130-8 по проектированию наружных облегченных стен уже не соответствовала новым требованиям по сопротивлению теплопередаче и возросшей высоте зданий. Поэтому в первую очередь был перенят зарубежный опыт, на основе которого был разработан альбом ЦНИИЭПжилища, ставший фактически типовым. В то же время **российские условия возведения и эксплуатации наружных стен во многом отличаются от условий в других странах**. Сюда следует отнести и более суровый климат, и зачастую низкое качество строительства, дефицит многих качественных материалов, отсутствие достаточного опыта проектирования многослойных стен. Поэтому даже хорошо известные за рубежом технические решения требуют неформальной адаптации к местным условиям. Вместе с тем еще больший вред принесло внесение в зарубежные аналогии непродуманное их упрощение и замена более дорогих материалов на дешевые.

Таким образом, вследствие недостаточного опыта проектирования и возведения облегченных стен при строительстве многих зданий были допущены и, к сожалению, продолжают допускаться серьезные ошибки. Среди них следует отметить некачественную укладку утеплителя и отсутствие либо некачественное исполнение горизонтальных и вертикальных деформационных швов. Часть ошибок уда-

валось исправить еще в процессе строительства. Но значительная часть дефектов стала проявляться спустя несколько лет после окончания возведения. На ряде зданий произошло обрушение облицовки. Только в Москве количество зданий с выявленными дефектами лицевого слоя из кирпичной кладки составило несколько сотен. Если не предпринять меры по устранению дефектов, в дальнейшем число аварий может многократно увеличиться. Это может произойти как на уже возведенных зданиях, так и по мере строительства новых.

Это заставило власти Москвы и Московской области ввести существенные ограничения по возведению наружных стен с лицевым слоем из кирпича, которые равносильны их запрету. Можно ожидать, что этому примеру последуют и другие регионы.

В книге представлены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. На основе анализа причин возникновения дефектов стен и проведенных исследований были разработаны инженерные методы расчета наружных многослойных стен на различные виды воздействий с учетом поэтапности и длительности возведения, включая температурно-влажностные.

Приведены конструктивные требования по назначению расстояний между вертикальными и горизонтальными деформационными швами, конструкции гибких связей, армированию кладки. Даны технические решения наружных стен как с горизонтальными деформационными швами, так и без них.

Большое количество фотографий и чертежей иллюстрируют как дефекты зданий, так и варианты технических решений, обеспечивающих возведение надежных и долговечных стен.

*Монография рассчитана на работников проектных, строительных и контролирующих качество строительства организаций.*

**Приобрести книгу можно в издательстве**

**[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**

**e-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru) [rifsm@mail.ru](mailto:rifsm@mail.ru)**

**тел./факс: (495) 976-20-36, 976-22-08**

**В книжном магазине «Дом технической книги»  
по адресу: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 40**

УДК 624:621.6.072

З.Г. ТЕР-МАРТИРОСЯН д-р техн. наук, В.В. СИДОРОВ, инженер (vitsid@mail.ru),  
Московский государственный строительный университет

## Взаимодействие длинной барретты с однослойным и двухслойным основанием

Приведено решение задачи о взаимодействии длинной барретты с однослойным и двухслойным грунтовым массивом в упругой постановке. В результате аналитически получены формулы для нахождения осадки барретты, а также сил сопротивления по боковым поверхностям и пяте барретты. Результаты математического конечно-элементного моделирования показали удовлетворительную сходимость с аналитическим решением. Установлено существенное затухание осевого усилия в стволе барретты (до 20% от приложенного усилия), что следует учитывать при определении предельной нагрузки по несущей способности.

**Ключевые слова:** барретта, однослойное основание, двухслойное основание, осадка, вертикальное перемещение, вертикальная осевая сила

Барретты – фундаменты глубокого заложения прямоугольного сечения, устраиваемые буронабивным методом и способные нести значительные нагрузки [1]. Это по существу «стена в грунте», размеры которой определяются в зависимости от инженерно-геологических условий площадки строительства и передаваемой нагрузки. Определения ее предельной несущей способности и осадки являются основными при проектировании сооружений, которые опираются на барретты. Как и в случае буронабивных длинных свай [2], можно считать, что нагрузка воспринимается боковой поверхностью  $P_6$  и площадью опирания нижнего конца  $P_0$  баррет. Определение отношения  $P_6/P_0$  в этом случае осложняется тем, что боковая поверхность баррет имеет прямоугольную форму и приходится считать сопротивления на боковых поверхностях  $2a$  и  $2b$  в отдельности, т. е.  $P_6 = P_{61} + P_{62}$ . Для решения этой задачи рассмотрим взаимодействие барретты размерами в плане  $2a \times 2b$  длиной  $l$  в одно-

слойном массиве (рис.1) с массивом размерами в плане  $2A \times 2B$  длиной  $L > l$ .

**Взаимодействие одиночной длинной барретты с однослойным основанием.** Рассмотрим пространственную задачу о взаимодействии одиночной длинной барретты со сторонами  $2a$  и  $2b$  длиной  $l$  с массивом грунта размерами  $2A \times 2B \times L$  (рис. 2) под воздействием внешней постоянной осевой нагрузки  $P_6$  (кН).

Зависимость угловой деформации  $\gamma(r)$  от касательных напряжений в грунте, окружающем барретты, записывается в виде:

$$\gamma(r) = \frac{dS(r)}{dr} = -\frac{\tau(r)}{G}, \quad (1)$$

где  $S$  – вертикальное перемещение (осадка) на расстоянии  $r$  от края барретты (рис. 2);  $G$  – модуль сдвига грунта.

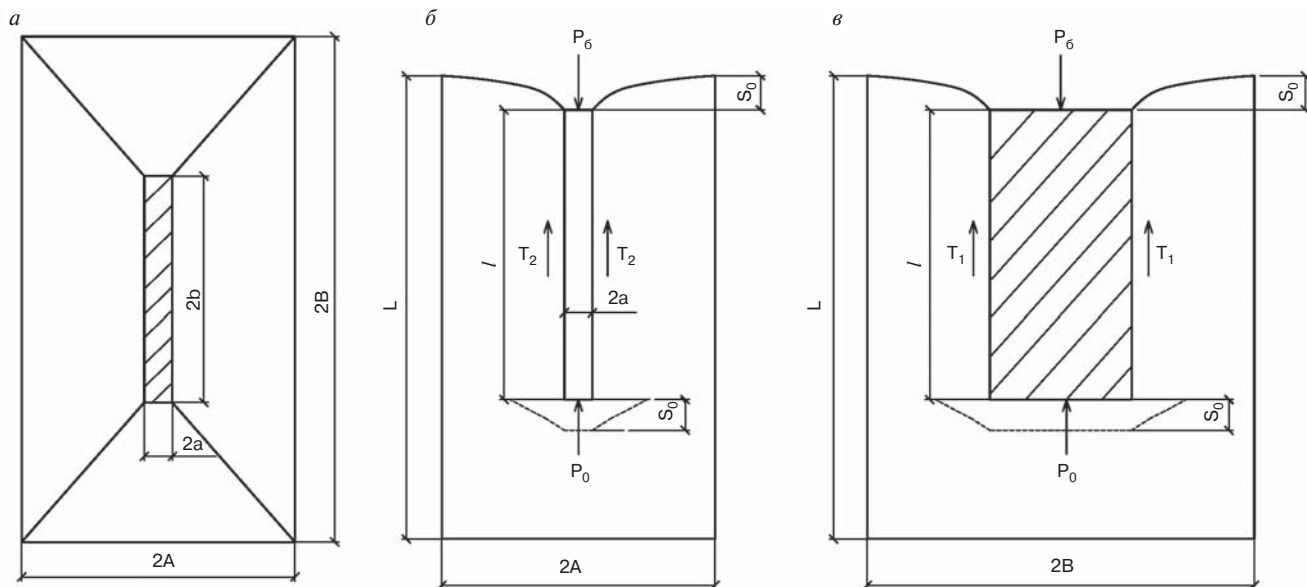


Рис. 1. Расчетная схема для определения осадки барретты в однослойном основании: а – вид сверху; б – вид спереди; в – вид сбоку

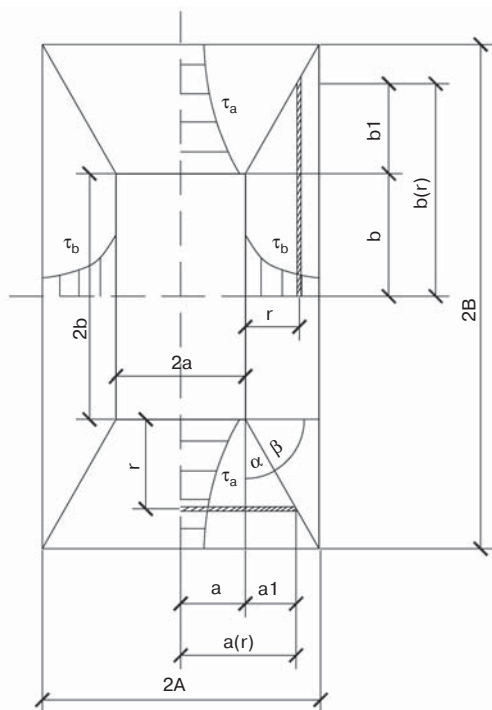


Рис. 2. Расчетная схема для определения осадки одиночной барреты

Касательное напряжение в грунте от действия сил по боковой поверхности  $T_1$  можно определить по следующим формулам:

$$\tau_a = \frac{T_1}{2 \cdot a \cdot l}; \quad \tau_a(r) = \frac{T_1}{2a(r)l}, \quad (2)$$

где  $a(r) = a + rtg\alpha$ ;  $tg\alpha = \frac{a_1}{r}$ ;  $a_1 = rtg\alpha$ , (3)

где  $r$  – расстояние от грани барреты до рассматриваемой элементарной полосы (рис. 2).

С учетом (1), (2) и (3):

$$\tau_a(r) = \frac{\tau_a \cdot 2 \cdot al}{2(a + rtg\alpha)l} \quad dS(r) = -\frac{\tau(r)dr}{G}. \quad (4)$$

Тогда осадка барреты от действия только сил  $T_1$  будет определяться

$$S_{бок} a(r) = -2 \int \frac{\tau_a \cdot 2 \cdot al \cdot dr}{2 \cdot (a + rtg\alpha)lG} = -\frac{\tau_a \cdot a}{Gtg\alpha} \ln(a + rtg\alpha) + C, \quad (5)$$

где  $C$  – постоянная интегрирования, которую можно определить из условия, что при  $r=B$ ,  $S_{бок}a=0$ . То есть:

$$C = \frac{\tau_a \cdot a}{Gtg\alpha} \ln(a + Btg\alpha)$$

Максимальная осадка (при  $r=b$ ) от сил трения  $T_1$  по боковым поверхностям со сторонами  $2a$ :

$$S_{бок} a(b) = \frac{T_1 \cdot a}{lbGtg\alpha} \ln\left(\frac{a + Btg\alpha}{a + btg\alpha}\right). \quad (6)$$

Выполнив аналогичное рассуждение для граней барреты со сторонами  $2b$ , получим максимальную осадку барреты (при  $r=a$ ):

$$S_{бок} b(a) = \frac{T_2 \cdot b}{laGtg\beta} \ln\left(\frac{b + Atg\beta}{b + atg\beta}\right). \quad (7)$$

Для нахождения осадки на уровне подошвы барреты от действия силы  $P_0$  в первом приближении можно воспользоваться известной формулой осадки прямоугольного штампа

$$S_0 = \frac{\omega a P_0 (1 - \nu) k(l)}{4abG}, \quad (8)$$

где  $\omega$  – коэффициент, зависящий от соотношения сторон штампа;  $k(l)$  – коэффициент, учитывающий глубину приложения нагрузки на жесткий прямоугольный штамп от поверхности земли,  $k(l) \leq 1$ .

Принимая материал барреты абсолютно жестким по отношению к грунту, можно считать, что осадка барреты одинаковая на всех уровнях.

Из условия неразрывности:

$$S_{бок} a(b) = S_0^e; \quad S_{бок} b(a) = S_0^e; \quad S_{бок} a(b) = S_{бок} b(a). \quad (9)$$

Кроме того, имеется условие равновесия:

$$P_0 = 2T_1 + 2T_2 + P_0 \quad (10)$$

Неизвестные  $T_1$ ,  $T_2$  и  $P_0$  можно определить, используя (9) и (10)

$$P_0 = \left( \frac{P_0}{1 + \frac{(1-\nu)k(l)\omega}{2} \left( \frac{tg\alpha}{a \ln\left(\frac{a+Btg\alpha}{a+btg\alpha}\right)} + \frac{atg\beta}{b^2 \ln\left(\frac{b+Atg\beta}{b+atg\beta}\right)} \right)} \right); \quad (11)$$

$$T_1 = \frac{P_0 (1 - \nu) k(l) \omega a tg\alpha}{2a \ln\left(\frac{a + Btg\alpha}{a + btg\alpha}\right)}; \quad T_2 = \frac{P_0 (1 - \nu) k(l) \omega a tg\beta}{2b^2 \ln\left(\frac{b + Atg\beta}{b + atg\beta}\right)}. \quad (12)$$

Подставив  $P_0$  в уравнение (8), получим искомую осадку барреты в зависимости от действующего усилия  $P_0$ :

$$S_0 = S_f = \frac{\omega a P_0 (1 - \nu) k(l)}{4abG}. \quad (13)$$

**Взаимодействие одиночной длинной барреты с двухслойным основанием (рис. 3).**

Неизвестные  $T_1, T_2, T_3, T_4$  и  $P_0$  по-прежнему можем определить из равенства осадки барреты на любом уровне по глубине и из условия равновесия:

$$P_0 = 2T_1 + 2T_2 + 2T_3 + 2T_4 + P_0. \quad (14)$$

Опуская промежуточные этапы решения (из-за их громоздкости), приведем окончательные выражения для определения неизвестных  $T_1, T_2, T_3, T_4$  и  $P_0$ :

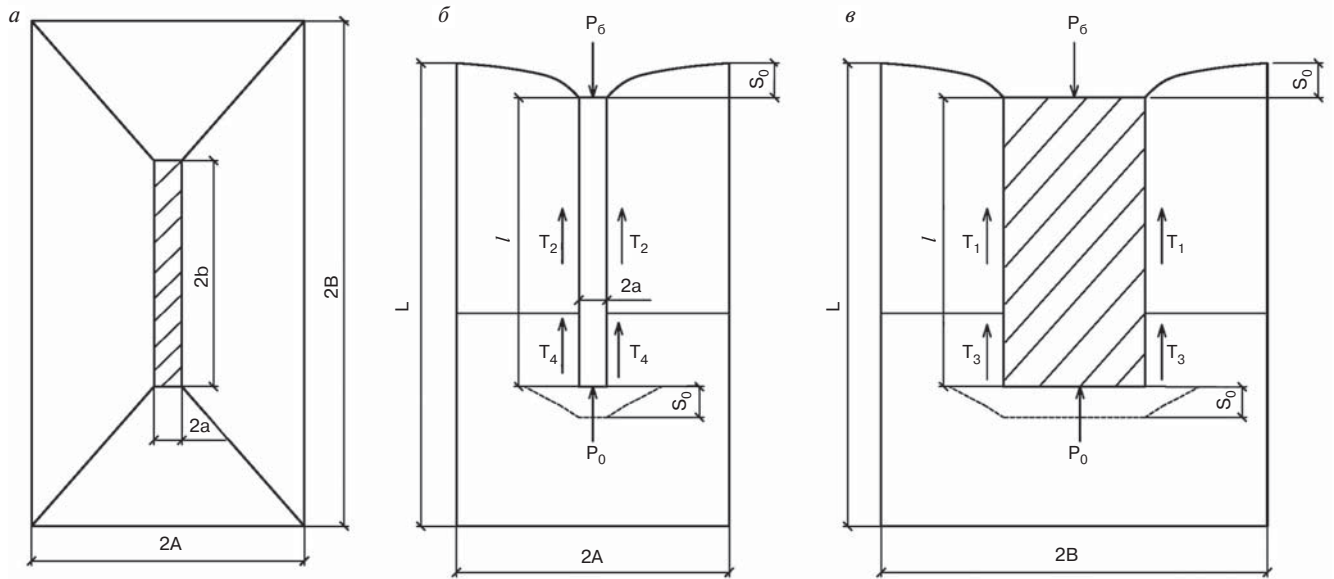


Рис. 3. Расчетная схема взаимодействия барреты с двухслойным основанием: а – вид сверху; б – вид спереди; в – вид сбоку

$$P_o = P_6 \cdot \left( \frac{\omega(1-\nu_2)k(l)(l_1G_1 + l_2G_2)}{2G_2b} \left( \frac{btg\alpha}{\ln\left(\frac{a+Btg\alpha}{a+btg\alpha}\right)} + \frac{atg\beta}{\ln\left(\frac{b+Atg\beta}{b+atg\beta}\right)} + 1 \right) \right); \quad (15)$$

$$T_1 = \frac{\omega(1-\nu_2)k(l)P_o \cdot l_1 \cdot b \cdot G_1 \cdot tg\alpha}{4 \cdot b \cdot G_2 \cdot \ln\left(\frac{a+Btg\alpha}{a+btg\alpha}\right)}; \quad (16)$$

$$T_2 = \frac{\omega(1-\nu_2)k(l)P_o \cdot l_1 \cdot a \cdot G_1 \cdot tg\beta}{4 \cdot b \cdot G_2 \cdot \ln\left(\frac{b+Atg\beta}{b+atg\beta}\right)}; \quad (17)$$

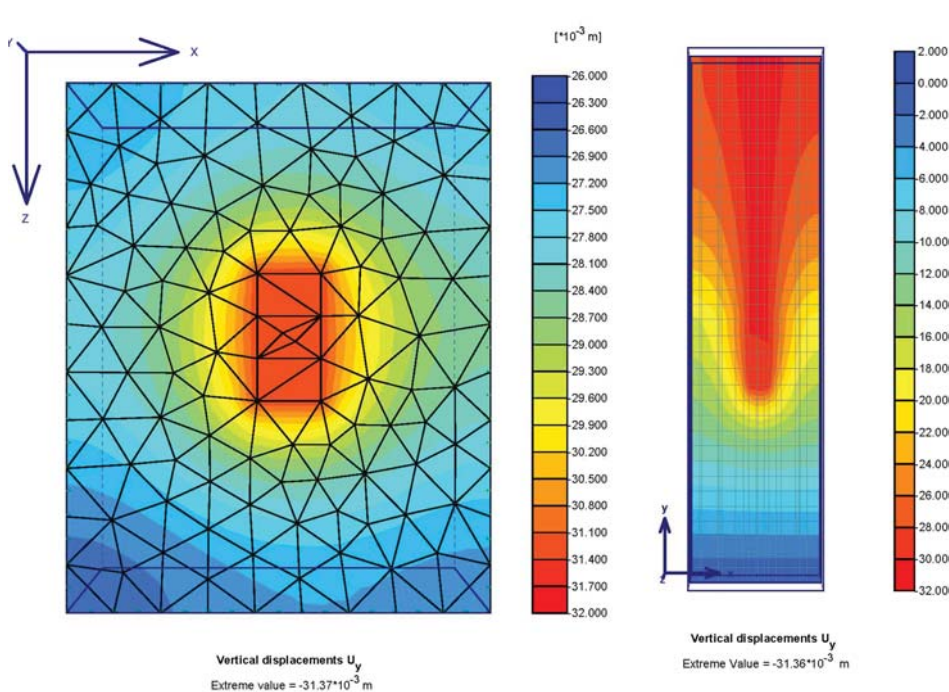


Рис. 4. Изополя вертикальных перемещений барреты и грунтового массива вокруг барреты

Рис. 5. Распределение вертикальной осевой силы по длине барреты

$$T_3 = \frac{\omega(1-v_2)k(l)P_0 \cdot l_2 \cdot a \cdot G_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{4 \cdot b \cdot G_2 \cdot \ln \left( \frac{a + B \operatorname{tg} \alpha}{a + b \operatorname{tg} \alpha} \right)}; \quad (18)$$

$$T_4 = \frac{\omega(1-v_2)k(l)P_0 \cdot l_2 \cdot a \cdot G_2 \cdot \operatorname{tg} \beta}{4 \cdot b \cdot G_2 \cdot \ln \left( \frac{b + A \operatorname{tg} \beta}{b + a \operatorname{tg} \beta} \right)}. \quad (19)$$

Осадку баретты определим из уравнения (8), подставив значение  $P_0$  из (15):

$$S_f = \frac{\omega(1-v_2) \cdot k(l) \cdot P_0}{4b \cdot G_2}. \quad (20)$$

Из этой формулы видно, что осадка баретты существенно зависит от соотношений  $G_1/G_2$ , зоны ее влияния на окружающий массив (2A×2B) и длины баретты. Кроме того, доля усилия, приходящаяся на нижний конец баретты и на ее боковые поверхности, также зависит от ее длины.

Рассмотрим пример. Примем, что  $\alpha=\beta=45^\circ$ ;  $a=0,75$  м;  $b=1,5$  м;  $A=3,75$  м;  $B=4,5$  м;  $k(l)=0,5$ ;  $\omega=1,2$ ;  $P_0=10000$  кН. Кроме того, примем, что верхний слой грунта имеет следующие характеристики:  $\gamma=20$  кН/м<sup>3</sup>;  $E=15000$  кН/м<sup>2</sup>;  $G=5556$  кН/м<sup>2</sup>,  $\nu=0,35$ ; мощность слоя  $h=20$  м. Нижний слой:  $\gamma=22$  кН/м<sup>3</sup>;  $E=30000$  кН/м<sup>2</sup>;  $G=10563$  кН/м<sup>2</sup>;  $\nu=0,42$ ; мощность слоя  $h=20$  м. Баррета длиной  $l=25$  м заглублена во

второй слой на 5 м, следовательно  $l_1=20$  м;  $l_2=5$  м. Материал барреты – бетон,  $\gamma=24$  кН/м<sup>3</sup>.

Тогда получаем:  $S_f=29$  мм;  $T_1=1872$  кН;  $T_2=936$  кН;  $T_3=890$  кН;  $T_4=445$  кН.

**Решение задачи о взаимодействии барреты с двухслойным основанием численным методом (МКЭ).** Рассмотрим взаимодействие барреты размерами 2a×2b×l (1,5×3×25 м) с двухслойным массивом размерами 2A×2B×L (10×10×25 м) в линейной постановке. Воспользуемся программным комплексом Plaxis 3D Foundation.

Сравнение величин осадок баррет, рассчитанных аналитическим (формула 20) и численным (рис. 4, 5) методами, показало их удовлетворительную сходимость. Учитывая существенное изменение осевого усилия в стволе барреты (затухание с глубиной до 20% от общего усилия), следует ожидать, что имеется большой запас прочности грунтов под нижним концом барреты. Это обстоятельство следует учитывать при определении предельной нагрузки барреты по несущей способности.

#### Список литературы

1. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: Изд. АСВ, 2009. 550 с.
2. Тер-Мартirosян З.Г., Нгуен Занг Нам. Взаимодействие свай большой длины с неоднородным массивом с учетом нелинейных и реологических свойств грунтов // Вестник МГСУ. 2008. № 2. С. 3–5.

БЕЛГОРОДСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА  
 БЕЛЭКСПОЦЕНТР

**17-19 марта 2010**  
 XIV межрегиональная  
 специализированная выставка  
**БелЭкспоСтрой**

Т./ф.: (4722) 58-29-51, 58-29-66, 58-29-68, 58-29-41  
 E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru; г. Белгород, ул. Победы, 147а

# КНАУФ: проектируя будущее!

19 ноября 2009 г. во всесезонном горнолыжном комплексе «Снеж.Ком» (г. Красногорск) прошла неформальная встреча проектировщиков и архитекторов. Организатором и спонсором мероприятия выступила компания КНАУФ. В рамках встречи специалисты компании КНАУФ представили новый продукт – негорючие гипсовые плиты КНАУФ-Файерборд.



Генеральный управляющий группы КНАУФ СНГ д-р Герд Ленга

С приветственным словом к гостям обратился генеральный управляющий группы КНАУФ СНГ д-р Герд Ленга.

Он подчеркнул, что компания КНАУФ высоко оценивает роль инженера-проектировщика в строительстве и формировании будущего архитектурного облика городов. Чтобы упростить и облегчить их ежедневный труд, специалисты КНАУФ создали множество информационных и технических документов, регламентирующих применение материалов, технологий и комплектов систем КНАУФ.

Кроме того, в настоящее время ведется работа над программой «Электронный навигатор», которая даст проектировщикам и архитекторам хорошую возможность оперативно формировать тендерную документацию для участия в конкурсах. Исходя из строительной задачи навигатор поможет выбрать конкретную комплектную систему КНАУФ, затем по заданным параметрам помещения рассчитает необходимый расход материалов.

Преимущества и возможности применения материалов и комплектов систем КНАУФ представил в своем докладе заместитель генерального директора по техническому развитию «КНАУФ Маркетинг Красногорск» А.И. Палиев. Также он рассказал гостям еще об одном немаловажном направлении деятельности компании КНАУФ – образовательных проектах. В настоящее время на постоянной основе в восьми учебных центрах КНАУФ и трех учебно-консультационных центрах

КНАУФ при отраслевых вузах действуют специальные программы для архитекторов, которые систематизируют понятия и формируют навыки работы с материалами и комплектными системами КНАУФ.

Поприветствовал и поздравил участников мероприятия президент Союза проектировщиков России В.А. Новоселов. Он поблагодарил компанию за организацию встречи, высоко отметил то внимание, которое уделяет КНАУФ работе с проектировщиками и сказал много приятных слов коллегам по случаю профессионального праздника.



Слева направо: Т.Н. Скворцов, Б.В. Соловьев, Л.М. Лось, д-р Герд Ленга, В.А. Новоселов, А.И. Палиев

Руководитель отдела прикладной техники Центрального управления группы КНАУФ СНГ Т.Н. Скворцов познакомил гостей с новым продуктом КНАУФ – каркасно-обшивными конструкциями с гипсовыми негорючими плитами КНАУФ-Файерборд.

Негорючие плиты КНАУФ-Файерборд были специально разработаны фирмой КНАУФ для обеспечения повышенных требований в области пожарной безопасности зданий и сооружений.

Сотрудники мастерской Михаила Хазанова (ЗАО «Курортпроект») Б.В. Соловьев и П.Ю. Никишин рассказали о том, какие задачи стояли перед проектировщиками во время работы над крытым горно-лыжным центром. Доклад специалистов мастерской «Курортпроект» вызвал у коллег интерес и конкретные вопросы. Проектировщиков интересовало, как устроен горно-лыжный склон, что применялось для предотвращения возникновения мостиков холода, как выполнялись требования пожарной безопас-

ности при создании пожарных выходов через каждые 30 метров, что было предусмотрено в комплексе для маломобильных посетителей. При отделке внутренних помещений комплекса в VIP-клубе, аквазоне, офисной, торговой, игровой и других зонах применялись материалы сухого строительства, в том числе производства компании КНАУФ.

После презентации состоялась экскурсия по комплексу «Снеж.Ком». Его общая площадь составляет 24000 м<sup>2</sup>. Длина снежного настила составит около 450 м, толщина – до 1,5 м. Ширина зоны катания на искусственной снежной горе более 60 м. На склоне смогут кататься одновременно до 600 лыжников и сноубордистов.

После экскурсии по горно-лыжному комплексу компания КНАУФ пригласила ее участников прокатиться по этому склону на лыжах, сделать паузу на глинтвейн, а после отдохнуть и расслабиться в турецком хамаме. Закончился праздничный день пивным праздником в честь дня проектировщика.

Таким образом, неформальная встреча профессионалов, организованная компанией КНАУФ, стала не только возмож-



П.Ю. Никишин и Б.В. Соловьев

ностью укрепления сотрудничества специалистов-проектировщиков и КНАУФ, но и инструментом повышения статуса и значимости профессии проектировщика. Благодаря инициативе компании КНАУФ профессионалы отрасли смогли не только пообщаться, поделиться со своими коллегами опытом, знаниями и достижениями, но и просто отдохнуть.



Участники неформальной встречи профессионалов



# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДОМ – ОБРАЗ ЖИЗНИ

24 декабря 2009 г. в агентстве «Интерфакс» итоговой пресс-конференцией «Архитектура и строительство будущего: экологический и экономический дом» завершился конкурс архитектурных проектов, который проводился в рамках проекта «Экологическая жизнь людей» Всеукраинской экологической общественной организацией «МАМА-86»\* при поддержке Шведского общества охраны природы и при участии архитектурного факультета Киевского национального университета строительства и архитектуры (КНУБА).

Конкурс архитектурных проектов (эскизов) проходил с 30 июня по 20 октября 2009 г. Цель конкурса – создание проекта архитектурного комплекса, который должен стать примером применения экологических технологий в строительстве, эксплуатации зданий и ведении приусадебного хозяйства.

Был установлен призовой фонд: первый приз – участие в международном семинаре «Новый урбанизм» во Флоренции (Италия), денежное вознаграждение в размере 5000 грн и введение в состав координационной группы при дальнейшей реализации проекта; второй приз – участие в международном семинаре «Новый урбанизм» во Флоренции (Италия), денежное вознаграждение в размере 4000 грн; третий приз – денежное вознаграждение в размере 3000 грн. В конкурсе принимали участие студенты старших курсов и выпускники архитектурных кафедр/факультетов в возрасте до 26 лет.

В работе конкурсного жюри приняли участие: А.Н. Голубовская-Онисимова, магистр архитектуры, президент ВЭОО «Мама-86»; И.И. Малышева, координатор проекта «Экологическая жизнь людей»; А.В. Кашченко, канд. техн. наук, декан факультета архитектуры КНУБА, член-корр. Украинской академии архитектуры; Л.М. Ковальский, д-р архитектуры, профессор КНУБА, действительный член Украинской академии архитектуры; Т.К. Эрнст, кандидат архитектуры, автор и владелец первого в Киеве пассивного дома; Ф. Хонерлайн, архитектор, Германское Техническое Сотрудничество; Р. Химмлер, инженер, главный менеджер Energy Stuttgart Ingenieurgesellschaft mbH.

Молодым архитекторам представлено на определенной площадке построить 2-этажный Демонстрационный центр экологически дружелюбных технологий по всем принципам экологического строительства, чтобы интересующиеся могли воочию увидеть и почувствовать, как работает экологический метод строительства в быту. Здание должно обеспечить кратковременное проживание до 30 человек, работу постоянного числа сотрудников организации (5 человек), а также проведение конференций, выставок, семинаров и пр.

Представленные на конкурс работы оценивались по следующим критериям: соответствие представленного материала требованиям и техническому заданию; соответствие архитектурного проекта требованиям экологической безопасности; оригинальность архитектурно-композиционного решения; гармоничность сочетания архитектурного объекта с имеющимся ландшафтом; использование экологически безопасных/природных материалов для строитель-

ства и отделки; обоснование технико-экономической целесообразности использования предложенных материалов; сочетание экологически дружелюбных технологий для обеспечения функционирования объекта, требованиям комфорта краткосрочного пребывания в здании; привязывание к имеющейся инфраструктуре; энергетическая независимость объекта при эксплуатации; эффективность мероприятий и примененных архитектурных приемов по минимизации затрат на теплообеспечение объекта.

В связи с тем, что все проекты только частично соответствовали условиям конкурса и технического задания, единогласно принято решение присудить только второй и третий призы, а также назначить специальные призы. Таким образом, решением членов жюри победителями стали:

– второй приз – Ольга Шевчук, студентка КНУБА (Киев);  
– третий приз – группа авторов, в состав которой вошли Алексей Нестеренко, Юлия Гордиенко, Ольга Давыдова (Харьков).

Специальные призы:

– за оригинальную архитектурную идею – группа авторов, в состав которой вошли Юлия Федько и Виталий Соколовский (Киев);  
– за техническое оснащение – Александра Войтенко (Полтава);  
– за соответствие характеру и масштабам населенного пункта – Марьян Смолин (Ровно).

Весьма символично, что первой премии не получил ни один из участников. Несмотря на то что в образовательный цикл архитекторов введен курс экологии, тем не менее, стереотипное мышление еще сильно в обществе. Как отметил в своем выступлении А.В. Кашченко, экологические аспекты в проектировании учитывались еще древними греками. Во времена СССР при проектировании зданий учитывались больше их технические характеристики. В настоящее время больше развивается так называемое методологическое проектирование, учитывающее не только технические требования, но и экономию энергоресурсов, экологичность не только с точки зрения пребывания человека в нем, но и как это здание воздействует на окружающую среду.

Однако, заметил А.В. Кашченко, большинство конкурсантов пошли традиционным путем – одели традиционное здание в современные технологии. Тогда как призеры учли все аспекты, в том числе как объект вписывается в окружающий его ландшафт, экономию электроэнергии, водных ресурсов для обеспечения здания и пр.

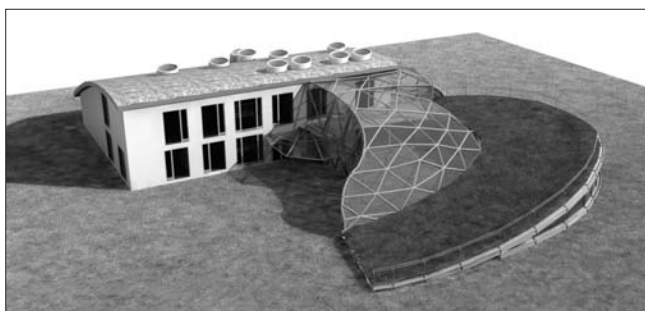
\*В 1990 г. молодые мамы, обеспокоенные влиянием на здоровье последствий Чернобыльской катастрофы, объединились в экологическую общественную организацию «МАМА-86», чтобы защитить интересы собственных детей. С 2001 г. организация зарегистрирована в статусе всеукраинской. В состав организации входит 17 самостоятельных объединений в разных регионах. Целью деятельности ВЭОО «МАМА-86» является создание социально-экологических условий для перехода Украины к устойчивому развитию.



*Работа Юлии Федько и Виталия Соколовского, студентов 4-го курса КНУБА. В основе архитектурно-композиционной идеи – стручок гороха. Асимметричное решение фасада и симметрия в плане*



*Работа Александры Войтенко, студентки 6-го курса Полтавского национального университета им. Ю. Кондратюка. В работе предложено использование технологий для получения и экономии электрической и тепловой энергии, локального производства биогаза, очистки питьевой и сточных вод, переработки органических отходов*



*Работа Юлии Мирошниченко, студентки 4-го курса КНУБА. Проект не получил призового места. На первый взгляд проект кажется интересным, однако при детальном рассмотрении создается впечатление совмещения типового проекта с новой идеей*

При проектировании призеры постарались согласовать живую среду с искусственным жильем.

Что же понимать под термином «экологический дом»? Для начала вспомним, что экология (от греч. οἶκος – дом, жилище, хозяйство, обиталище, местообитание, родина и λόγος – понятие, учение, наука) – наука, изучающая взаимоотношения живой и неживой природы. Термин впервые предложил в книге «Общая морфология организмов» в 1866 г. немецкий биолог Э. Геккель как науку об отношениях живых организмов с условиями окружающей среды. Современное определение экологии: наука, которая исследует структуру и функционирование систем надорганизменного уровня (популяции, сообщества, экосистемы) в пространстве и времени в естественных и измененных че-

ловеком условиях. Это определение дано на V Международном экологическом конгрессе (1990 г.) с целью противодействия размыванию понятия экологии, наблюдаемому в настоящее время.

В настоящее время существует два определения экологического дома. В узком понимании экологическим называется дом, спроектированный и оборудованный с целью максимальной оптимизации энергопотребления. Именно этим принципом руководствуются страны Европы. Однако вряд ли такой дом является действительно экологическим. В широком понимании экологический дом должен быть не только энергосберегающим. Он должен поддерживать здоровый микроклимат за счет использования безвредных материалов, а также уменьшать нагрузку на окружающую среду благодаря использованию альтернативных источников энергообеспечения, местной очистки стоков, утилизации отходов. Требования к экологическому строительству в развитых странах включают в себя весь цикл процессов. Целью такого подхода является минимизация негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека при производстве строительных материалов, строительстве, эксплуатации зданий и утилизации строительных отходов.

Экологическое строительство – это один из неотъемлемых компонентов хозяйствования, соответствующий парадигме устойчивого потребления и производства. Прежде всего это связано с мировыми тенденциями уменьшения энергопотребления и повышения энергоэффективности в жилищном секторе, вызванными такими глобальными экологическими процессами, как изменение климата, уменьшение количества и вызванное этим подорожание доступных традиционных энергоресурсов. Жилищно-коммунальный сектор является одним из крупнейших, однако наименее эффективным потребителем энергии. Украины это касается в полной мере, сообщила И.И. Малышева, отечественный потенциал сохранения энергии в этом секторе составляет около 48%.

Современный архитектор должен максимально закладывать в проектные решения экологическую и экономическую целесообразность. Среди примеров прогресса в этом направлении можно выделить создание зеленых крыш, способствующих очищению воздуха в городах, создающих дополнительные зоны отдыха; умное остекление, например фотохроматические окна для обеспечения комфортного освещения в офисах, поделилась своими мыслями О. Шевчук, студентка 5-го курса факультета архитектуры КНУБА.

Нарушение экологического баланса урбанизированной среды, которая приводит к различным проблемам современного населенного пункта, делает очень актуальными новые способы его архитектурно-строительного формообразования, заметила Ю. Гордиенко, аспирантка градостроительного факультета Харьковской национальной академии городского хозяйства. В этом контексте создание гармонично сочетающихся со средой экологических зданий, которые способствуют сохранению ресурсов, позволяет не только повысить их эстетические и эксплуатационные качества, но становится вопросом выживания человеческой цивилизации.

Участники пресс-конференции в заключение еще раз подчеркнули, что экологичность и экономичность жилья – это не просто эстетическая прихоть или желание сэкономить, это – образ жизни, к которому должны стремиться все граждане.

*И.В. Козлова, канд. физ-мат. наук*

УДК 699.86

В.А. ЕЗЕРСКИЙ, д-р техн. наук, П.В. МОНАСТЫРЕВ, д-р техн. наук,  
Р.Ю. КЛЫЧНИКОВ, инженер (kirza\_soft@mail.ru),  
Тамбовский государственный технический университет

## Влияние параметров тепловой защиты здания на удельный расход тепловой энергии

Рассматривается влияние параметров тепловой защиты 4-этажного двухсекционного жилого дома серии 1-447 С на удельный расход тепловой энергии. На основе результатов вычислительного эксперимента построена математическая модель зависимости удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от шести факторов, характеризующих дополнительную тепловую защиту ограждающих конструкций и элементов системы отопления, а также дана интерпретация полученных результатов.

**Ключевые слова:** тепловая защита, расход энергии, математическая модель

После выхода нормативных документов по тепловой защите зданий [1–3] появились жилые дома, спроектированные с учетом современных требований. Однако существующий жилищный фонд остается без каких-либо изменений, что не позволяет решить проблему энергосбережения.

Большая стоимость энергосберегающих мероприятий в жилищном секторе повышает ответственность за их выбор, а многообразие конструктивных решений, различное техническое состояние зданий и разнообразие технических приемов, с помощью которых можно достичь экономии тепловой энергии, усложняют принятие решения специалистами. Существует необходимость в знаниях различных аспектов реализации термомодернизационных мероприятий. Эти знания можно получить на основе, например, имитации тепловых процессов в здании и поиска оптимальных решений.

В данной статье представлено исследование зависимости удельного расхода тепловой энергии на отопление 4-этажного двухсекционного жилого дома серии 1-447 С  $q_{h, \text{уд}}^{\text{уд}}$  кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут) (отклик Y) в климатических условиях Тамбова от следующих параметров теплоизоляции элементов ограждающих конструкций:

- толщины слоя дополнительной теплоизоляции наружных стен  $\delta_{\text{стен}}^{\text{доп}}$  (фактор  $X_1$ ), м;
- толщины слоя дополнительной теплоизоляции чердачного перекрытия  $\delta_{\text{черд}}^{\text{доп}}$  ( $X_2$ ), м;
- толщины слоя дополнительной теплоизоляции перекрытия пола первого этажа  $\delta_{\text{пол}}^{\text{доп}}$  ( $X_3$ ), м;

– сопротивления теплопередаче вновь устанавливаемых оконных и балконных заполнений здания  $R_{\text{ок}}^{\text{нов}}$  ( $X_4$ ), м<sup>2</sup>·°С/Вт;

– сопротивления теплопередаче светопрозрачного ограждения балкона  $R_{\text{ок}}^{\text{бал}}$  ( $X_5$ ), м<sup>2</sup>·°С/Вт;

– коэффициента эффективности авторегулирования подачи теплоты в системе отопления  $\zeta_{\text{нов}}$  ( $X_6$ ).

Здание построено в 1962 г. Эксплуатационный режим нормальный. Температура внутреннего воздуха в зимнее время 20–22°С, относительная влажность в среднем равна 55%.

Наружные стены выполнены из силикатного кирпича марки 75 на растворе марки 25 толщиной 0,55 м (с уширенным швом) и оштукатурены изнутри сложным раствором толщиной 0,02 м. Их суммарная толщина равна 0,57 м. Сопротивление теплопередаче наружных стен зданий составляет 0,911 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Утепление чердачного перекрытия выполнено в виде засыпки шлаком  $\gamma = 800$  кг/м<sup>3</sup> толщиной 0,1 м с устройством пароизоляции в виде одного слоя рубероида. Сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия составляет 0,737 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Утепление пола первого этажа выполнено из жестких минераловатных плит на синтетическом связующем плотностью 250 кг/м<sup>3</sup> ( $\lambda = 0,084$  Вт/(м·°С)) с сопротивлением теплопередаче всей конструкции 0,737 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Окна и балконные двери в здании были выполнены в деревянных коробках с двойными раздельными переплетами. На основании результатов технического обследования здания

было установлено, что в среднем сопротивление теплопередаче существующих светопрозрачных заполнений с учетом неплотности примыканий переплетов и остеклений составляет 0,14 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

В здании несколько лет назад проводился капитальный ремонт балконов вследствие их неудовлетворительного состояния. В ходе ремонта было произведено усиление полуразрушенных плит и замена прежнего металлического ограждения балкона с асбестоцементными экранами на ограждение толщиной 0,12 м, выполненное из кирпичной кладки из пустотелого облицовочного керамического кирпича с термическим сопротивлением кладки  $R = 0,41$  м<sup>2</sup>·°С/Вт. Термическое сопротивление балконной плиты составило  $R = 0,267$  м<sup>2</sup>·°С/Вт. Над балконами последнего этажа были устроены козырьки из оцинкованной кровельной стали, а нижняя горизонтальная часть козырьков была обшита сосновыми досками толщиной 0,025 м. Термическое сопротивление обшивки составляет  $R = 0,337$  м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Система вентиляции в здании естественная через каналы в стенах. Отопление здания центральное с верхней разводкой без систем авторегулирования подачи теплоты.

Факторы, выбранные с учетом особенностей здания, варьировали на трех уровнях. Верхний предел варьирования фактора  $X_1$  – толщина слоя дополнительной изоляции наружных стен принят с учетом величины нормируемого сопротивления теплопередаче стены для Тамбова 3,067 м<sup>2</sup>·°С/Вт [2, 3], которое было повышено на 30%

для возможности поиска оптимальных решений. Предполагалось устройство вентилируемого фасада с утеплителем из минераловатных плит плотностью  $90 \text{ кг/м}^3$  ( $\lambda = 0,042 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ), толщина которых с учетом коэффициента теплотехнической однородности составила  $0,2 \text{ м}$ . Нижний предел варьирования рассматриваемого фактора принят равным нулю из условия, что дополнительного утепления стен не производили. На основном уровне взято среднее значение толщины теплоизоляционного слоя  $0,1 \text{ м}$ . Уровни варьирования первого фактора приняты:  $0 \text{ м}$  (-1);  $0,1 \text{ м}$  (0);  $0,2 \text{ м}$  (+1).

Верхний предел варьирования фактора  $X_2$  – толщина слоя дополнительной изоляции чердачного перекрытия принят с учетом требуемой величины нормируемого сопротивления теплопередаче с повышением на  $30 \%$  для исследовательских целей ( $R = 4,044 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ ). Дополнительное утепление чердачного перекрытия предполагает укладку утеплителя на существующую конструкцию и устройство цементно-песчаной стяжки толщиной  $0,03 \text{ м}$  поверх него. В качестве материала утеплителя приняты минераловатные плиты плотностью  $150 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,043 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ . С помощью теплофизических расчетов, учитывающих сопротивление теплопередаче существующей конструкции чердачного перекрытия –  $0,737 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ , определена толщина дополнительного слоя утеплителя  $0,2 \text{ м}$ . Нижний предел варьирования принят равным нулю, что соответствует отсутствию дополнительного утепления. На основном уровне взято среднее значение толщины теплоизоляционного слоя  $0,1 \text{ м}$ . Следовательно, уровни варьирования второго фактора приняты:  $0$  (-1);  $0,1$  (0);  $0,2$  (+1).

Для фактора  $X_3$  – толщины слоя дополнительной теплоизоляции перекрытия пола первого этажа верхний предел варьирования принят по аналогии с первыми двумя факторами. Предусматривали дополнительное утепление минераловатными плитами плотностью  $110 \text{ кг/м}^3$  ( $\lambda = 0,042 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ) толщиной  $0,2 \text{ м}$  со стороны подвала с защитным слоем в виде штукатурки из цементно-песчаного раствора толщиной  $0,02 \text{ м}$  по металлической сетке. В этом случае вся конструкция пола первого этажа будет иметь сопротивление теплопередаче  $4,044 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ . Нижний предел фактора при условии отсутствия теплоизоляционного слоя принят равным нулю, а на основном уровне взято среднее значение

фактора. Таким образом, уровни варьирования третьего фактора приняты равными:  $0$  (-1);  $0,1$  (0);  $0,2$  (+1).

Верхний предел варьирования фактора  $X_4$  – сопротивления теплопередаче вновь устанавливаемых оконных и балконных заполнений принят с учетом требуемой величины нормируемого сопротивления теплопередаче с повышением на  $30 \%$  для исследовательских целей ( $R_{ок}^{new} = 0,65 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ ). Нижний предел варьирования принят равным нулю, что соответствует существующим в здании светопрозрачным ограждениям. На основном уровне взято значение сопротивления теплопередаче  $0,44 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ . Следовательно, уровни варьирования четвертого фактора приняты равными:  $0,14$  (-1);  $0,44$  (0);  $0,65$  (+1).

Для фактора  $X_5$  – сопротивления теплопередаче светопрозрачного ограждения балкона верхний предел варьирования принят исходя из возможности установки однокамерного стеклопакета ( $R_{ок}^{6ал} = 0,35 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ ), а нижний – из отсутствия светопрозрачного ограждения балкона. На основном уровне сопротивление теплопередаче балконного ограждения равнялось  $0,18 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ , что соответствует одинарному остеклению. Таким образом, уровни варьирования пятого фактора приняты равными:  $0$  (-1);  $0,18$  (0);  $0,35$  (+1).

Верхний предел варьирования фактора  $X_6$  – коэффициента эффективности авторегулирования подачи теплоты в системе отопления составил  $\zeta = 1$  (однотрубная система отопления с термостатами и пофасадным авторегулированием на вводе); на нижнем  $\zeta = 0,5$  (существующая система отопления) и на среднем  $\zeta = 0,7$  (устройство центрального авторегулирования на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха). Таким образом, уровни варьирования шестого фактора приняты следующие:  $0,5$  (-1);  $0,7$  (0);  $1$  (+1). В скобках указаны кодированные значения факторов.

Исследование проведено с использованием планирования вычислительного эксперимента. Для выбранных значений факторов рассчитывали значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания,  $q_h^{des}$  кДж/(м<sup>2</sup>·°C·сут) (отклик  $Y$ ) по методике [2, 3]. Для удобства расчетов использовали компьютерную программу «Расчет и составление энергетического паспорта жилых и общественных зданий (EP creator)» [4].

Для описания поверхности отклика

$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$  проведен шестифакторный вычислительный эксперимент по плану второго порядка. При этом использован композиционный трехуровневый симметричный план, имеющий достаточно высокую эффективность по основным статистическим критериям и включающий  $44$  опыта [5]. По результатам вычислительного эксперимента была построена регрессионная модель, окончательный вид которой был принят после исключения  $12$  незначимых коэффициентов:

$$\hat{Y} (q_h^{des}) = 87,28 - 18,65X_1 - 14,31X_2 - 14,35X_3 - 38,96X_4 - 4,26X_5 - 11,03X_6 - 0,24X_1X_4 + 0,66X_1X_5 + 3,41X_4X_5 + 12,54X_1^2 + 11,25X_2^2 + 11,32X_3^2 + 28,51X_4^2 + 0,82X_5^2 - 1,93X_6^2 \quad (1)$$

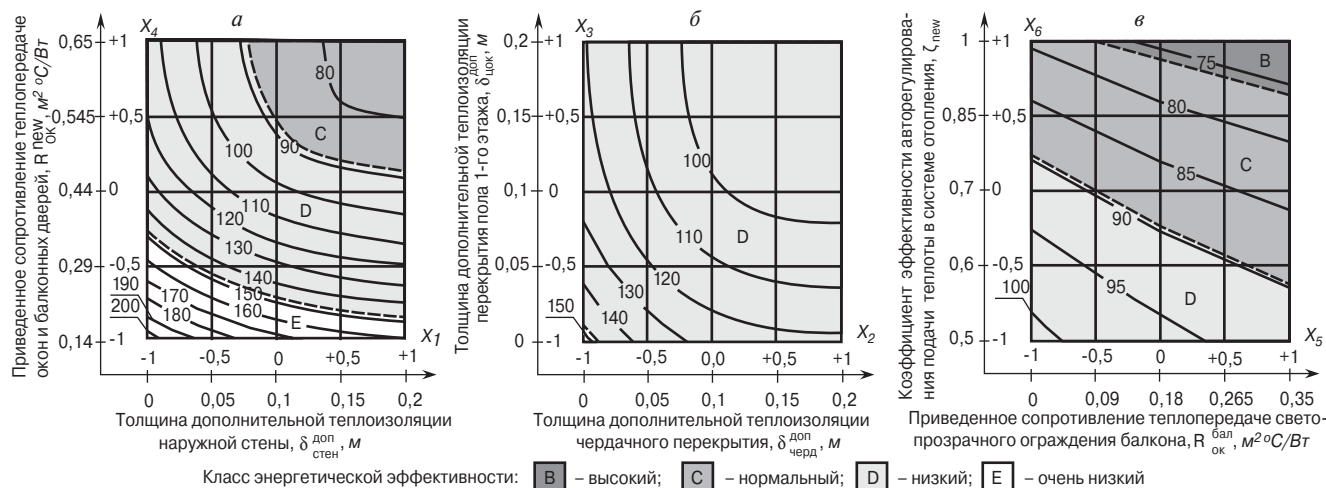
Об адекватности модели можно судить косвенным образом. Согласно рекомендациям [6] анализировали сумму квадратов остатков, остаточную дисперсию  $S_{ост}^2$ , число коэффициентов в модели, коэффициент детерминации  $R^2$ , а также правдоподобность выводов по модели с точки зрения соответствия их физическому смыслу. Процедура построения модели сводилась к подбору такой регрессионной зависимости, которая обеспечивала достаточно высокую точность, т. е. давала малое  $S_{ост}^2$  и близкий к единице коэффициент  $R^2$  и при этом содержала минимальное количество коэффициентов.

Модель (1) обеспечивала сумму квадратов остатков  $\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = 26,4373$ ; остаточную дисперсию при степенях свободы  $f_1 = 43$ ,  $f_2 = 28$ ,  $S_{ост}^2 = 0,9442$ ; коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9997$  (для полной модели с  $28$  коэффициентами эти величины составляли:  $\sum(Y_{qi} - \hat{Y}_{qi})^2 = 24,9667$ ;  $S_{ост}^2 = 1,5604$  при  $f_1 = 43$ ,  $f_2 = 16$ ;  $R^2 = 0,9997$ ).

Качество аппроксимации данных полученным уравнением можно также оценить, сравнив остаточную дисперсию  $S_{ост}^2$  и дисперсию относительно среднего  $S_y^2$  по критерию Фишера, который равен  $F = 2497,5036$ .

При уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и числе степеней свободы  $f_1 = N - 1 = 43$ ,  $f_2 = 28$  оказалось, что расчетное значение критерия  $F = 2645,12$  превышает табличное значение  $F_{0,05;43;28} = 1,81$ , т. е. рассеяние относительно уравнения регрессии многократно меньше рассеяния относительно среднего. Это подтверждает адекватность и эффективность полученного описания и его пригодность для дальнейшего анализа влияния параметров.

Интерпретация результатов исследования влияния выбранных факто-



Удельный расход тепловой энергии  $q_{h,des}^{des}$ , кДж/( $m^2 \cdot ^\circ C \cdot сут$ ) ( $\dot{Y}$ ) на отопление здания в зависимости от: а – толщин дополнительного теплоизоляционного слоя наружной стены  $\delta_{стен}^{доп}$ , м ( $X_1$ ) и сопротивления теплопередаче оконных и балконных дверных заполнений  $R_{ок}^{new}$ ,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$  ( $X_4$ ) при факторах  $X_2$  и  $X_3$  на нулевом уровне (0), а при факторах  $X_5$  и  $X_6$  на нижнем уровне (-1); б – толщин слоя дополнительной теплоизоляции чердачного перекрытия  $\delta_{черд}^{доп}$  (фактор  $X_2$ ), м, и перекрытия пола первого этажа  $\delta_{лок}^{доп}$  (фактор  $X_3$ ), м, при факторах  $X_1$  и  $X_4$  на нулевом уровне (0), а факторах  $X_5$  и  $X_6$  на нижнем уровне (-1); в – сопротивления теплопередаче светопрозрачного ограждения балкона  $R_{ок}^{бал}$  (фактор  $X_5$ ),  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , и коэффициента эффективности авторегулирования системы отопления  $\zeta_{new}$  ( $X_6$ ) при факторах  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_4$  на нулевом уровне

ров на удельный расход тепловой энергии на отопление здания выполнена на основе анализа уравнения регрессии (1). Выявляли прежде всего влияние отдельных факторов.

Наиболее сильное влияние на расход тепловой энергии оказывает фактор  $X_4$ . Наибольшее снижение  $\dot{Y}$  наблюдается при повышении  $X_4$  с 0,14 до 0,44  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ; в интервале 0,44–0,65  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$  расход тепловой энергии уменьшается только на 6,8%.

На втором месте по силе влияния оказался фактор  $X_1$ . Наибольшее снижение  $\dot{Y}$  на 26,3% наблюдается при изменении  $X_1$  от 0 до 0,1 м.

На третьем месте по силе влияния оказались факторы  $X_3$  и  $X_2$ . Оба фактора оказывают приблизительно одинаковое влияние. Наибольшее снижение  $\dot{Y}$  на 22,7% наблюдается при изменении  $X_2$  и  $X_3$  с 0 до 0,1 м.

На предпоследнем месте по силе влияния оказался фактор  $X_6$ . Наибольшее снижение  $\dot{Y}$  (с 9,4 до 22,9%) наблюдается при изменении  $X_6$  от 0,7 до 1.

Наиболее слабое влияние проявил фактор  $X_5$ . Наибольшее снижение  $\dot{Y}$  на 5,5% наблюдается при изменении  $X_5$  от 0 до 0,18  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

Графическая интерпретация результатов эксперимента приведена на рисунке. Из графиков видно, что без проведения комплексной термомодернизации здания оно не будет удовлетворять современным требованиям по тепловой защите [2, 3].

Независимо от толщины дополнительного теплоизоляционного материала

наружных стен при замене оконных и балконных дверных заполнений на новые с сопротивлением теплопередаче 0,44  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$  (однокамерный стеклопакет с обычным стеклом, двойное остекление из обычного стекла в раздельных переплетах и т. д.) здание будет относиться к классу D по энергетической эффективности. Однако при установке окон с двойным остеклением, имеющих селективное покрытие, двухкамерных стеклопакетов в одинарном переплете из обычного стекла с межстекольным расстоянием 12 мм и оконных блоков с тройным остеклением из обычного стекла ( $R > 0,54 m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ) уже при толщине теплоизоляционного слоя стены около 0,1 м здание перейдет в класс C по энергетической эффективности. Достичь класса B по энергетической эффективности для исследуемого здания можно при модернизации системы отопления и повышении толщины теплоизоляционного материала чердачного перекрытия и перекрытия пола первого этажа.

В связи с тем, что остекление балконов дает небольшой эффект с позиции экономии тепловой энергии, идущей на отопление здания, данное мероприятие при проектировании термомодернизации необходимо рассматривать как улучшающее эксплуатационные качества балконов, а не как теплозащитное.

Несмотря на значительный вклад в понижение удельного расхода тепловой энергии светопрозрачных ограждений, нельзя при этом забывать о снижении естественной освещенности помещений при использовании дополнительных стекол, стекол с различными покрытиями и стеклопакетов,

заполненных инертным газом, а следовательно об увеличении затрат на освещение помещений. Однако увеличение толщины дополнительной изоляции наружных стен и установка оконных заполнений с более высокими показателями термодернизации. Поэтому окончательный выбор энергосберегающих мероприятий можно произвести на основе решения задачи оптимизации. Для решения такой задачи может быть пригодна построенная модель.

### Список литературы

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. М.: НИИСФ, 2008. 496 с.
2. СНиП 23–02–2003 Тепловая защита зданий. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 26 с.
3. СП 23–101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 172 с.
4. Клычников Р.Ю., Монастырев П.В., Езерский В.А. Расчет и составление энергетического паспорта жилых и общественных зданий (EPCreator) / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2009610185. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11 января 2009 г.
5. Бродский В.З., Бродский Л.И., Голикова Т.И. и др. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей: Справочное издание. М.: Металлургия, 1982. 752 с.
6. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 623 с.

УДК 678.5+699.86(571.56)

А.Е. МЕСТНИКОВ, д-р техн. наук,  
Т.А. КОРНИЛОВ, А.Д. ЕГОРОВА, кандидаты техн. наук, В.Н. РОЖИН, инженер,  
Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова, Республика Саха (Якутия)

## Легкие ограждающие конструкции жилых зданий для резко континентального климата Севера

Рассматривается эффект повышения теплоустойчивости легких ограждающих конструкций жилых деревянно-каркасных зданий при сочетании высокопористых строительных материалов с различными теплотехническими показателями, а также рациональные конструкции стеновых ограждений малоэтажных зданий для резкоконтинентального климата Севера.

**Ключевые слова:** легкие ограждающие конструкции, деревянно-каркасные здания, малоэтажные здания

Как известно, климат северных регионов отличается от остальной территории РФ не только наличием вечной мерзлоты и сильными морозами (до  $-63$  –  $-71^{\circ}\text{C}$ ), но и жарким летом (до  $+38^{\circ}\text{C}$ ), резкими суточными колебаниями температуры ( $25$ – $37^{\circ}\text{C}$ ) в весенне-летний период. Причем за весенний период (март–апрель) частота колебаний температуры с переходом через  $0^{\circ}\text{C}$  составляет  $61$ – $68$  циклов. Особенно высокая интенсивность светового облучения ( $851,3$ – $928,1$  Вт/м<sup>2</sup>) характерна для Центральной Якутии и сопоставима с условиями Ташкента [1].

В отечественных нормах (СНиП 23-02–2003) теплоустойчивость ограждающих конструкций зданий при их проектировании в условиях Севера не учитывается.

Из теории и практики известно, что в легких слоистых конструкциях влияние температурных колебаний окружающего воздуха заметно и должно быть учтено в расчетах [2].

В естественных условиях режим теплопередачи через ограждения всег-

да является нестационарным. Для решения подобных задач в математической физике разработан ряд численных методов, которые с успехом применяются в строительной теплофизике с 20-х гг. прошлого столетия [3–6]. Эффект повышения теплоустойчивости легких ограждающих конструкций при сочетании материалов с малым значением коэффициентов теплопроводности и теплопроводности был впервые научно обоснован А.Т. Тимошенко и развит в [7].

Задача оптимального проектирования теплоизоляционных стеновых конструкций минимальной толщины и массы из конечного набора материалов связана с определением декремента затухания температурных колебаний  $\nu$ . Его величина показывает, во сколько раз гасятся температурные колебания, проходя через слой материала толщиной  $\delta$ . Он равен отношению амплитуды температурных колебаний наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции соответственно.

Для теоретической оценки повышения теплоустойчивости легких ограждающих конструкций при сочетании материалов с различными теплотехническими показателями рассмотрим конструкцию с двухслойной теплоизоляцией, выполненной из различных материалов: пенобетона, пенофенопласта (ПФП) и пенополиуретана (ППУ). Теплотехнические показатели пенобетона с  $\gamma_0 = 400$  кг/м<sup>3</sup>, ПФП ( $\gamma_0 = 100$  кг/м<sup>3</sup>) и  $\gamma_0 = 40$  кг/м<sup>3</sup>) и ППУ ( $\gamma_0 = 40$  кг/м<sup>3</sup>) заданы в СП 23-101–2004 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий». Расчетная схема для выбора материалов легких ограждающих конструкций и результаты вычислительного эксперимента по классической методике [2] показаны на рис. 1 и 2 соответственно. Отношение толщины материала с малой теплопроводностью  $\delta_1$  к полной толщине слоя теплоизоляции  $\delta$  изменяли от 0 до 1.

Расчеты проведены для двух случаев: материал с низким коэффициентом теплопроводности (ПФП

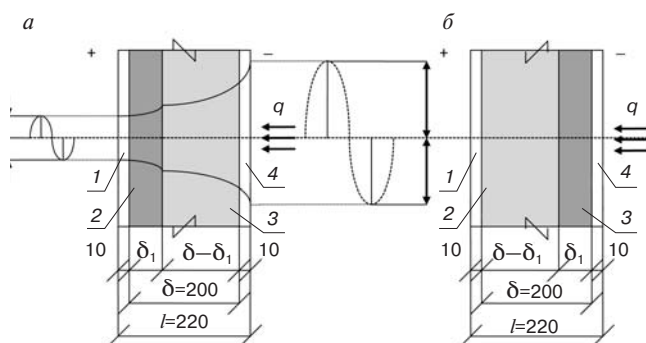


Рис. 1. Расчетная схема для выбора материалов легких ограждающих конструкций: 1 – сухая штукатурка; 2 – материал с низкой теплопроводностью (ПФП или пенобетон); 3 – материал с низкой теплопроводностью (ППУ); 4 – цемент-стружечная плита; а – расположение 1; б – расположение 2

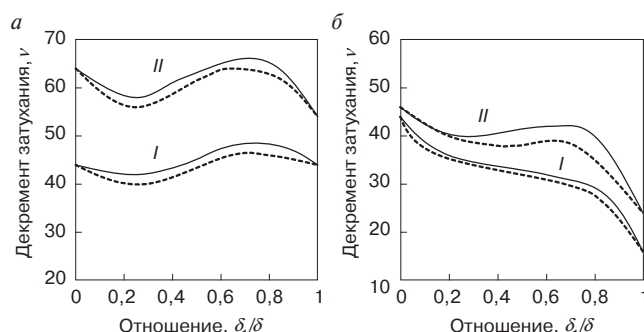


Рис. 2. Эффект повышения теплоустойчивости легких ограждающих конструкций при сочетании различных материалов: — — расположение 1 и - - - — расположение 2 (рис. 1); а – ПФП и ППУ; б – пенобетон и ПФП; теплотехнические свойства материалов приняты в условиях эксплуатации А (I) и сухом состоянии (II) согласно СП 23-101–2004

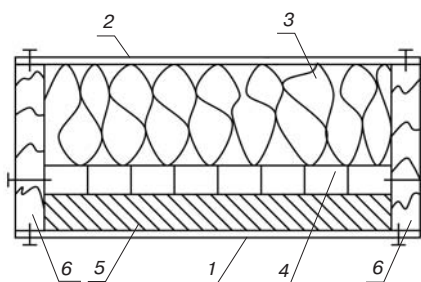


Рис. 3. Строительная панель с деревянным каркасом

или пенобетон) расположен с внутренней стороны, а материал с низким коэффициентом теплопроводности (ППУ или ПФП) – с наружной (рис. 1, а) и наоборот (рис. 1, б). Направление тепловой волны  $q(t)$  принято от наружной поверхности к внутренней стороне. По результатам выполненных расчетов построены графики изменения  $\nu$  в зависимости от отношения  $\delta_1/\delta$  (рис. 2). Оказалось, что в зависимости от порядка расположения слоев значения декременты затухания температуры отличаются незначительно. При расположении 1, т. е. когда плотный материал находится с внутренней стороны, а легкий с наружной, декремент затухания  $\nu$  примерно в 1,1–1,2 раза выше, чем при расположении 2. При сочетании ПФП ( $\gamma_0 = 100 \text{ кг/м}^3$ ) и ППУ ( $\gamma_0 = 40 \text{ кг/м}^3$ ) оптимальное соотношение  $\delta_1/\delta$  составило 0,6–0,8 (рис. 2, а). Соотношение  $\delta_1/\delta = 0,1–0,3$  является наихудшим, так как при этом теплоустойчивость конструкции минимальная. Сочетание пенобетона и ПФП не дало желаемых результатов (рис. 2, б). Как видно из рис. 2, при минимальной плотности материала наибольшее влияние на повышение теплоустойчивости ограждающих конструкций имеет значение коэффициента теплопроводности, что может быть одним из основных требований при разработке теплоизоляционных материалов.

Таким образом, при правильном подборе материалов по теплофизическим характеристикам, оптимальном соотношении их по толщине и рациональном расположении в конструкции теплоустойчивость ограждения может быть повышена на 25–120%. Дальнейшие исследования показали, что наибольшей теплоустойчивостью обладает трехслойная теплоизоляционная конструкция, где средний слой должен быть из материала с наибольшим коэффициентом температуропроводности при малой плотности. Таким качеством обладает только древесина, удельная теплоемкость  $c_0 = 2,3 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$ .

Предлагаемая строительная панель [8] с применением древесины пониженной сортности и эффективного утеплителя обеспечивает повышение теплотехнических свойств, пожарной и экологической безопасности легких ограждающих конструкций. На рис. 3 показана строительная панель, которая включает внутреннюю обшивку 1, наружную облицовку 2, теплоизоляцию 3, плоскую диафрагму в виде клееного деревянного щита 4, дополнительную теплоизоляцию 5. Панель изготавливается следующим образом. Предварительно монтируют оболочку панели – внутреннюю обшивку 1, кровельную облицовку 2 и плоскую диафрагму в виде клееного деревянного щита 4, которые крепят к деревянной обвязке 6. Образовавшиеся полости заполняют труднорастворимым (группа горючести Г1) пенопластом «Пенорезол-НТ» с пониженной токсичностью, причем полость для дополнительной теплоизоляции 5 может быть заполнена негорючим теплоизоляционным пенобетоном. После отверждения пенопласта и пенобетона панель готова к использованию. В качестве несущего слоя стены используются ребристые клееные блоки, располагаемые вертикально. При изготовлении таких блоков можно использовать узкие недефицитные и короткомерные доски пониженной сортности и самые дешевые синтетические среднетвердые клеи. Несущий клееный деревянный щит из вертикально расположенных брусев работает как центрально-сжатый элемент, обеспечивая равномерное распределение нагрузки по всему каркасу здания.

Клееный деревянный щит, находясь в толще теплоизоляции, менее подвергается температурно-влажностным напряжениям, которые способны привести к расслоению клеевого шва. Применение клееного деревянного щита снижает стоимость панели, увеличивает несущую способность каркаса здания, а дополнительная теплоизоляция повышает теплозащитные качества конструкции. В качестве дополнительной теплоизоляции и одновременно противопожарной преграды могут быть применены негорючие неорганические материалы, например стекловата, пеностекло, пенобетон, керамзитобетон, арболит и др., в качестве внутренней обшивки – относительно дешевые огнестойкие материалы, например гипсокартон, ГВЛ. Соотношение толщины пенопласта и дополнительной теплоизоляции опре-

деляется теплотехническим расчетом.

Наиболее приемлемым материалом для сельского строительства является арболит на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВВ), содержащего портландцемент, гипс, молотый цеолит и суперпластификатор С-3 при следующем соотношении компонентов, мас.% соответственно: 22–30, 50–60, 18–20 и 2 [9].

Таким образом, использование предложенной строительной панели обеспечивает не только повышение уровня тепловой защиты и теплоустойчивости стеновых ограждений в целом, но и снижение стоимости строительной панели при ее достаточной огнестойкости и несущей способности. Предложенная конструкция наружной стены использована в строительстве сельской школы на 80 мест в селе Окоемовка Усть-Алданского района и ряда индивидуальных домов и офисных зданий в Якутске.

#### Список литературы

1. Местников А.Е. Северное жилище: энергосбережение, безопасность. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. 168 с.
2. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. М.: Стройиздат, 1979. 248 с.
3. Власов О.Е. Плоские тепловые волны // Изв. Теплотехн. ин-та, 1927. № 3/26.
4. Муромов С.И. Расчетные температуры наружного воздуха и теплоустойчивость зданий. М.–Л.: Госстройиздат, 1939. 72 с.
5. Шкловер А.М. Теплопередача при периодических воздействиях. М.–Л.: Госстройиздат, 1961. 160 с.
6. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массообмена. Минск: Изд-во АН БССР, 1961. 520 с.
7. Никитина Л.М., Тимошенко А.Т., Попов Г.Г. и др. Эффект повышения теплоустойчивости легких ограждающих конструкций при сочетании утеплителей // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1980. № 6. С. 99–103.
8. Патент 22118998 РФ. МКИ 7E04C2/26. Строительная панель / Андрианов Р.А., Местников А.Е., Турантаев Г.Г. и др. // Заявл. 18.01.2002. Опубл. 10.09.2003. Бюл. № 25.
9. Патент 2361899 РФ. МПК C09K 8/467. Расширяющийся тампонажный материал / Егорова А.Д., Местников А.Е., Народов В.В. // Заявл. 10.04.2007. Опубл. 20.07.2009. Бюл. № 20.

## Как подготовить к публикации научно-техническую статью (методическое пособие для начинающего автора)



Развитие стройиндустрии в последнее время стало причиной увеличения количества направляемых в редакцию статей. Часто с просьбой о публикации обращаются аспиранты, как правило, в соавторстве со своими научными руководителями, соискатели научных степеней. За все годы существования журнала научные редакторы, члены редколлегии, редакционного совета и большая группа специалистов-рецензентов внимательно и терпеливо помогали росту научных кадров и специалистов отрасли. Однако в последнее время все чаще в редакцию для публикации представляют слабые в научном отношении, незавершенные, незрелые работы, которые в ряде случаев не доходят даже до рецензентов и забраковываются на этапе внутриредакционного рецензирования.

Начнем с определений. Наука – система знаний о закономерностях развития природы и общества и способах воздействия на окружающий мир. Статья – сочинение небольшого размера в сборнике, журнале, газете. Таким образом, научность труда, исследования, работы характеризуется целью проникнуть, определить, сформулировать какую-либо новую закономерность протекания процесса для практического, унитарного использования в проектировании, прикладной механике, теплотехнике и т. д. В нашем случае журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 4-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Жилищное строительство» для ученых научных и проектных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

Статьи, направляемые в редакцию журнала «Жилищное строительство», должны соответствовать следующим **требованиям**:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); распечаткой, лично подписанной авторами; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языке; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Жилищное строительство», ранее нигде не публиковалась, и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов, слайдов или распечатки файлов.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства [www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php)