

СТРОИТЕЛЬСТВО

ЖИЛИЩНОЕ

10/2005

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1958 г.

Редакционная
коллегия

В.В. ФЕДОРОВ —
главный редактор

Ю.Г. ГРАНИК
Б.М. МЕРЖАНОВ
С.В. НИКОЛАЕВ
А.В. ФЕДОРОВ
В.И. ФЕРШТЕР

Учредитель
ЦНИИЭП жилища

Регистрационный номер
01038 от 30.07.99

Адрес редакции:
127434, Москва,
Дмитровское ш., 9, кор. Б
Тел./факс 976-2036
Тел. 741-49-23 доб. 981

Технический редактор
Н.Е. ЦВЕТКОВА

Подписано в печать 30.09.05
Формат 60x88 1/8
Бумага офсетная № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 4.0
Зака. 1121

Отпечатано в ОАО Московская
типография № 9
109033, Москва, Волочаевская ул. 40

На 1-й странице обложки:
рисунок Н.Э. Оселко

Москва
Издательство
"Ладья"

В НОМЕРЕ:

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПЫТЫ

МЕДНИКОВ Б.В., МЕДНИКОВ В.И., МЕДНИКОВ С.В.
Методика моделирования объекта, субъекта экономики 2

МАТРОСОВ Ю.А., МАТРОСОВ П.Ю., РЯБИНИН И.В.
Энергетический аудит жилого здания 6

ИНФОРМАЦИЯ

Неделя строительного искусства Подмосковья 12

ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

АБРАМСОН Л.А.
Развитие строительства высотных зданий 14

ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ

ДЕМИН О.Б., АЛЕНИЧЕВА Е.В., ГИЯСОВА И.В.
Обоснование экономической эффективности стеновых
ограждающих конструкций 29

В ПОМОЩЬ ЗАСТРОЙЩИКУ

ПЕРИЧ А.И.
Какой выбрать дом для себя 31

Б.В.МЕДНИКОВ (МГУЭСИ), В.И.МЕДНИКОВ (АО «ММС»),
С.В.МЕДНИКОВ (ПГУ)

Методика моделирования объекта, субъекта экономики

Основной целью создания объектов экономики является их функционирование, развитие и живучесть.

Инструментом моделирования объектов, субъектов экономики выбрана декомпозиция, т.е. представление их в виде составляющих функции и составляющих ресурса. После построения модели вычисляется эффективность составляющей ресурса или объекта в целом.

На примерах декомпозиции функций объектов различной отраслевой принадлежности было найдено, что составляющие этой компоненты оказывают разное влияние на функционирование, развитие и живучесть объектов. Например, мало влияние вспомогательной функции, но велико влияние функции управления.

На этом основании составляющие функции, полученные декомпозицией различных объектов, были объединены в профили по критерию одинаковости их влияния на функционирование, развитие и живучесть объекта или, что эквивалентно, по критерию одинаковости величины ущерба объекту при нарушениях в названных составляющих его функции.

Дадим пояснения по применению термина «Профиль». Термин устраняет отличия в содержании понятия «Помещение» объектов различной отраслевой принадлежности. Используемый в комплексе стандартов по безопасности труда термин «Категория помещения» характеризует помещение только в аспектах пожарной и взрывоопасности, что является недостаточным содержательным.

По мнению авторов, термин «Профиль» характеризует помещение более широко и независимо от названных аспектов. Он характеризует помещение в каждом профиле декомпозиции и в привязке к каждой составляющей функции.

Некоторые пояснения. Типологией объектов различной отраслевой принадлежности по ресурсу пространства выделены линейчатые, плоскостные и точечные (шаровые)

объекты. Типология произведена по соотношению физических размеров трехмерного пространства, занимаемого объектом.

Принятая типология объектов характеризует расположение наиболее и наименее ценных помещений в пределах пространства, занимаемого объектом. В основу дальнейших рассуждений положено правило определять принадлежность функции, выполняемой установленным в помещении оборудованием, работающим в нем персоналом, к одному из профилей.

Таких профилей установлено четыре: А, Б, В, Г (таблица). В профиль А сгруппированы помещения, в которых нарушения функций приводят к катастрофе или аварии объекта в целом или к угрозе такой ката-

строфы или аварии. В профиль Б — помещения, в которых нарушения функций приводят к авариям в системах или угрозам аварий в них. В профиль В — помещения, в которых нарушения функций приводят к нарушениям режима в системах или к угрозам таких нарушений. В профиль Г — помещения, в которых нарушения функций приводят к отклонению параметра в режиме системы или к угрозам отклонений.

Считается, что четыре профиля группирования помещений объекта являются достаточными. Их количество должно совпадать с числом уровней в декомпозиции агрегатов функции и ресурса. Для каждого объекта такая таблица составляется индивидуально.

Опишем методику моделирования объектов, субъектов экономики на примере объекта жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

Основной целью функционирования объектов ЖКХ является создание круглосуточных круглогодичных нормальных условий пребывания людей в жилых помещениях.

Этап 1. Представляем объект в виде вертикальной (сверху вниз) декомпозиции. Характерным для вертикальной декомпозиции является уменьшение сложности составляющих и уменьшение их важности для

Профиль	Размер (угроза) ущерба	Примеры функций в классе	Существенные показатели
А	1. Катастрофа объекта в целом	Тепловая защита Штатная работа основного персонала Другие	Наличие человеческих жертв; вред среде
	2. Аварийные ситуации объекта в целом	Транспортировка перегретого пара Другие	Отсутствие человеческих жертв; вред среде
Б	1. Аварийные ситуации в системах	Сбыт электроэнергии	Отсутствие человеческих жертв
	2. Предпосылка аварии в системах	Обеспечение сейсмостойчивости Другие	Отсутствие человеческих жертв; вред среде
В	1. Нарушение режимов в системах	Пропуск персонала на объект Раскрытие коммерческой тайны Другие	Задержка по управлению
	2. Предпосылка нарушения режима в системах	Регулирование температуры в помещениях Защита информации Другие	Несоблюдение регламента ТО
Г	1. Отклонение параметров режима в системе	Технологическое перемещение единицы персонала Другие	Выработка индикатора отклонения
	2. Другие	Другие	Другие

функционирования, развития или живучести объекта, субъекта, что иначе называется дифференциацией составляющих.

На первом (отраслевом) уровне декомпозиции содержатся две компоненты: ресурса и функции. Компонента «Ресурс» отражает факт потребности объекта в определенном наборе возможностей и средств для своего функционирования, развития и живучести. Эти возможности и средства имеют ограниченную по времени наработку от начала использования ресурса до его предельного состояния. Компонента «Функция» отражает факт существования взаимного однозначного соответствия между числовыми характеристиками ресурса и числовыми характеристиками объекта, субъекта в целом; при этом ресурс является средством осуществления функции.

На втором (системном) уровне в компоненте функции выделены составляющие назначения, управления и вспомогательная.

На третьем (агрегатном) уровне представления функции «Назначение» выделены составляющие, объединенные в агрегаты «Создание нормативного энергообеспечения» (ресурсы энерго-, газо-, тепло-, водоснабжения, коммуникативного, защиты), «Создание нормативного пространства проживания» (объемы жилых, вспомогательных помещений).

На четвертом («атомном») уровне представления функции «Назначение» в каждом из них выделены составляющие «Энергоснабжение», «Теплоснабжение», «Газоснабжение», «Водоснабжение», «Канализация» и др.

На третьем уровне декомпозиции функция «Управления» имеет составляющие, условно названные «Планирование, экономика и бухучет» и «Материальное обеспечение и комплектация».

На четвертом уровне представления функции управления выделены составляющие «Материального обеспечения», «Планирования», «Экономики», «Бухучета», «Комплектации», «Сбыта и техобслуживания», которые представляют собой функции составления дефектной ведомости состояния жилого помещения, планирования расходов на ремонт или реконструкцию, составления сметы будущего ремонта, поиска продавцов строительных материалов, учета затраченных сумм, составления календарного плана ремонтов и др. Агрегатами

этих функций являются «анализ состояния жилого дома», «контроль, анализ и корректировка проведения ремонта» и т.д.

На третьем уровне декомпозиции функции «Вспомогательной» выделены составляющие материального хозяйственного обеспечения, охраны (защиты) и некоторые другие. Эти составляющие напрямую оплачиваются по статье издержек жилищно-коммунального хозяйства.

Таким образом, более низкие уровни декомпозиции функции объекта ЖКХ представлены более специализированными агрегатами (логическими составляющими). Важность той или иной составляющей для функционирования, развития или живучести может быть показана на декомпозиции толщиной линии.

Декомпозиция второго и последующих уровней компоненты ресурса. На основе анализа структуры объектов различной отраслевой принадлежности было признано достаточным на втором уровне декомпозиции использовать семь логических составляющих: ресурс среды, коммуникативный, технический, людской, денежный, времени, защиты.

Ресурс среды. На третьем уровне представления ресурса среды включает общие климатические характеристики района размещения объекта ЖКХ (роза ветров, среднемесячные температуры, количество осадков, пересеченность местности, освещенность солнцем в течение дня, экологические, отдельные физико-технические, химические, агротехнические характеристики участка земли в пределах его географических границ), размеры занимаемого пространства в соответствии с земельным кадастром территории и другие показатели.

Четвертый уровень представления ресурса среды включает названные выше характеристики и показатели помещению объекта ЖКХ: комнаты в жилом доме, помещения в производственном здании и пр. («атомные» составляющие ресурса).

Коммуникативный ресурс включает все связи объекта с внешними объектами, субъектами. Третий уровень представления коммуникативного ресурса включает каблирование строительного сооружения, обвязку газо-, водо-, тепло- и т.п. снабжения, канализацию и др.

Четвертый уровень представления коммуникативного ресурса включает кабели связи, электросети, ра-

диотрансляции и соответствующие оконечные устройства, установки, трубы, арматуру и оконечные устройства водо-, газо-, тепло- и т.п. снабжения. Иначе их можно назвать «атомными» составляющими названного ресурса.

Технический ресурс. Третий уровень представления технического ресурса объекта ЖКХ включает капитальные сооружения (дом в целом), основное технологическое оборудование, материальные запасы (расходные материалы, инструменты и комплектующие изделия для эксплуатации и текущего и капитального ремонта).

Четвертый уровень представления технического ресурса включает отдельное помещение (комната в жилом доме), окна, двери, воздуховоды, другие элементы оборудования этого помещения и пр., некоторые материалы, изделия, инструменты для эксплуатации и ремонта помещения. Иначе говоря, четвертый уровень включает «атомные» составляющие ресурса.

Ресурс защиты. Третий уровень представления ресурса защиты включает технические средства охраны, теплосберегающие свойства стен капитальных сооружений, их негорючесть, устойчивость к воздействию климатических факторов, вандалоустойчивое исполнение ворот, дверей, коммуникаций, встроенные средства безопасной эксплуатации.

Четвертый уровень представления ресурса защиты включает те же средства, характеристики и показатели, но в применении к конкретному помещению сооружения: к комнате в жилом доме, к помещению в производственном здании. Кроме того, к рассматриваемому ресурсу относятся медицинские противозидемические, оздоровительные мероприятия, мероприятия по охране труда, проводимые силами или средствами объекта ЖКХ или централизованно.

Людской ресурс. Третий уровень людского ресурса жилого дома, как объекта ЖКХ, включает жителей, консьержку, дворника.

Четвертый уровень представления людского ресурса жилого или производственного объекта ЖКХ включает технологический и административный персонал. На этом уровне представления рассматриваемый ресурс жилого помещения (четвертый уровень технического ресурса) является нулевым по причине того, что жильцы являются субъектами ЖКХ. Они вступают во взаимодействие с объек-

тами ЖКХ и внешними объектами. Исключение составляют случаи размещения сервисных предприятий (торговли, обслуживания и некоторых других) в нижних этажах жилых домов. «Атомной» составляющей рассматриваемого ресурса является человек или работник (неделимая составляющая в экономической системе государства).

Ресурс времени. Третий и четвертый уровни декомпозиции ресурса времени для большинства объектов ЖКХ представлены сроком службы, наработкой на отказ и другими, которые устанавливаются комиссионно или по отраслевым нормативам. В применении к помещению выделены наработка на отказ запорной арматуры системы водоснабжения, средний срок службы элементов системы теплоснабжения, средний срок службы домов некоторых серий, средний межремонтный период для жилых домов (по некоторым статистическим данным — не менее пяти-шести лет), средний период между косметическими ремонтами производственных помещений (по данным эргономики — не более пяти лет), срок действия договоров аренды, огнестойкость строительных сооружений и элементов конструкции объекта, срок амортизации оборудования и пр.

Денежный ресурс. Третий уровень представления денежного ресурса в общем случае включает остаточную стоимость капитальных сооружений объекта вместе с оснащением, обеспечивающим выполнение его функций (стоимость основных производственных фондов), стоимость заключенных договоров об аренде, остаточную стоимость жилого многоквартирного дома, частного жилого владения, долги по договорам аренды, фискальным выплатам, стоимость ремонтных комплектов и др.

Четвертый уровень представления денежного ресурса включает фактическую остаточную стоимость одного помещения, оценка которого произведена с учетом реконструкций, имевших целью повышение его технических, эксплуатационных и иных показателей и зарегистрированных в установленном порядке. Четвертый уровень представления денежного ресурса производственного объекта ЖКХ включает остаточную стоимость «отдельного помещения с технологическим оборудованием».

Отметим возможность дальнейшего деления названных и других логических составляющих ресурса и

функции. Например, возможно деление радиатора отопления на составные части: пробки, переходники и т.д.

Как и в декомпозиции функции, составляющие ресурсной компоненты на третьем и последующих уровнях являются более простыми и специализированными. Важность того или иного ресурса для функционирования, развития или живучести может быть показана на декомпозиции ресурса толщиной линии.

По такой методике производится вертикальная декомпозиция ресурсной компоненты объекта.

Этап 2. На этом этапе производится горизонтальная декомпозиция составляющих функции и ресурса. Характерным для горизонтальной декомпозиции является одинаковость сложности и одинаковость размера ущерба от нарушения в каждой составляющей функции объекта, субъекта. Содержанием этапа является выявление на каждом уровне всех функциональных, пространственных и иных связей между агрегатами. Посредством горизонтальной декомпозиции производится выявление пространственных и иных связей между агрегатами составляющих функции и ресурса и их влияние на функционирование, развитие или живучесть объекта, субъекта, т.е. интеграция составляющих в каком-то аспекте или выявление связности агрегатов.

Декомпозиция функции и ресурса на этапах 1 и 2 являются необходимым условием эквивалентного описания объекта, субъекта.

Этап 3. На этом этапе производится построение модели объекта, субъекта. Модель в требуемом аспекте определяет взаимное однозначное отображение наборов составляющих его ресурса на наборы численных характеристик этих составляющих [1]. Наборы численных характеристик ресурсных составляющих любого уровня декомпозиции являются достаточным условием для эквивалентного описания объекта, субъекта в целом.

Такие наборы могут быть представлены в виде таблицы, гистограммы, аналитической записи (формула, функциональное уравнение) и т.п. Пример записи модели объекта:

$$O = (R_{T_1} \dots R_{T_n}); (R_{K_1} \dots R_{K_n}); \\ (R_{C_1} \dots R_{C_n}); (R_{П_1} \dots R_{П_n}); \\ (R_{B_1} \dots R_{B_n}); (R_{Э_1} \dots R_{Э_n}); \\ (R_{Д_1} \dots R_{Д_n}).$$

Модель из составляющих функции и ресурса четвертого уровня декомпозиции названа «атомной» моделью объекта.

Модель какого-либо уровня обычно дает ответы на вопросы о связи между ресурсами и «выходными» параметрами (функция назначения), между ресурсами и динамикой «выходных» параметров (функция управления), между ресурсами и издержками (функция потерь, штрафов).

Формализация названных связей такова. Например, функция F выбранного профиля преобразует составляющие ресурса

$$R = \sum R_i = a_1 R_T + a_2 R_K + a_3 R_C + \\ a_4 R_{П} + a_5 R_B + a_6 R_{Э} + a_7 R_D,$$

где a_i — вес i -ой составляющей ресурса для выбранной составляющей функции, в «выходной» параметр T в виде

$$F = \frac{T}{a_1 R_T + a_2 R_K + a_3 R_C + a_4 R_{П} +} \\ \times \frac{T}{+ a_5 R_B + a_6 R_{Э} + a_7 R_D}$$

Функцию F иначе можно назвать преобразующей. Двигаясь по декомпозиции функции от старших уровней к младшим можно придти к «атомным» составляющим. Отметим, что составляющие R_i ресурса являются в большинстве случаев функциями времени.

Кроме перечисленных, объектами ЖКХ являются централизованные котельные, районные эксплуатационные участки, городские, областные и т.д. управления ЖКХ, выполняющие свои специфические функции, имеющие необходимые ресурсы и имеющие функциональные связи друг с другом, с вышестоящими объектами ЖКХ, с объектами электроэнергетики, газовыми и т.п. компаниями. Такие объекты, связи и ресурсы могут быть формализованы, и тем самым может быть создана модель отрасли ЖКХ.

Этап 4. На этом этапе рассчитывается эффективность ресурса объекта, субъекта в целом или его составляющих и сравнение найденного значения эффективности с заданным.

Под эффективностью системы в теории массового обслуживания понимается вероятность выполнения системой в целом или какой-то ее составляющей своей функции в течение некоторого интервала времени T [2].

Наиболее часто встречающимся на практике объектом является система, обладающая только двумя состояниями с эффективностями 1 или 0 без восстановления отказавших элементов в процессе функционирования.

Эффективность $E(T)$ такой системы совпадает с ее надежностью

$$E(T) = 1 \cdot [p(T)] + 0 \cdot [1 - p(T)] = p(T),$$

где $p(T)$ – вероятность безотказной работы системы в течение промежутка T .

Под такой случай подпадают «атомные» составляющие технического ресурса объекта, субъекта ЖКХ: ресурс эффективен и функция выполняется, либо ресурс не эффективен и функция не выполняется.

На практике встречаются случаи, когда система или составляющие ее ресурса могут находиться в нескольких состояниях, поэтому вычисление эффективности ресурса производится при принятии некоторых допущений. Так, эффективность составляющей ресурса считаем нулевой, если отказ любого ее элемента является катастрофическим для всей составляющей (отказ плавкой вставки в электроснабжении, отказ канала информационного обмена в рубже охраны и т.п.). Статистически подтвержденными нормативами являются показатели некоторых «атомных» составляющих технического ресурса: наработка на отказ вентиля водопроводного — 6 мес, срок службы электрической лампочки — 6 мес и т.д.,

Далее рассчитанное значение эффективности системы или составляющей сравнивается с требуемым или нормативным по установленному критерию. Результатом сравнения является оценка пригодности составляющей или системы в целом для применения по назначению. По результатам последующей обкатки модели оценка ужесточается или смягчается.

По поводу моделирования субъектов экономики необходимо сказать следующее. Субъектами в подавляющем большинстве ситуаций являются работники. Они являются атомными составляющими, выполняющими фундаментальные функции в отрасли. Пробный анализ показал, что модели субъектов описываются такой же номенклатурой функций и ресурсов и их составляющими, как и объекты: функциями назначения, управления (ее выполняют правила, нормы поведения, зафиксированные

в сознании человека в процессе личного и общественного воспитания), вспомогательной и ресурсами среды, коммуникативным, техническим, людским, денежным, времени и защиты. Причем отдельными составляющими функций, ресурсов можно пренебречь из-за их малости. Модель субъекта на четвертом уровне декомпозиции (на уровне работника отрасли) является «атомной» моделью субъекта.

Взаимодействия внутри отрасли типа объект–субъект, объект–объект представляют собой взаимодействия ресурсов одноименных уровней. Отличие и разграничение функций во взаимодействиях рассматриваемых типов определяется тем, кто предоставляет, а кто потребляет ресурсы. Взаимодействие типа объект–субъект упрощенно показано на рисунке. Практика указывает на дискретные нелинейные ступенчатые изменения ресурсов и их зависимость не только от времени. Сценарии взаимодействия рассматриваемых типов зависят от целей сторон и анализируются в индивидуальном порядке.

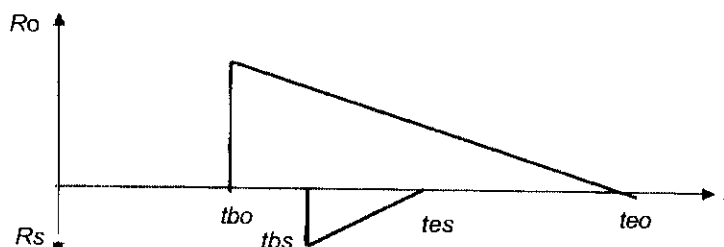
Считается допустимым требование к объекту начинать взаимодействие позднее (в денежных расчетах это соответствует предоплате), что может быть отражено в форме неравенства $tbo > tbs$.

Взаимодействие держателя жилого фонда (объект) с жильцом (субъект) в ЖКХ имеет целью у первого получить денежный ресурс для своего функционирования, развития и живучести в своих взаимодействиях с другими объектами, а у второго — получение технического ресурса (жилище) для своего функционирования, развития и живучести. Взаимодействие держателя с жильцом осуществляется на атомном уровне способом обмена. Отметим, что функционирование объекта, субъекта в условиях взаимодействия с внешним окружением отличается от расчетно-

го, не учитывающего взаимодействие, что является их фундаментальным свойством и не решенной до сего дня задачей экономической теории.

В структуру платежей должны быть положены показатели надежности «атомных» составляющих технического и других ресурсов, статистически подтвержденные или нормативные в приложении к «атомной» составляющей технического ресурса — к помещению. Размер платежей должен быть таким, чтобы объект ЖКХ имел возможность накопить денежный ресурс для замены каждой «атомной» составляющей технического ресурса к моменту достижения этим ресурсом своего предельного состояния или к некоторому нормативному сроку.

Пример расчета эффективности ресурсной составляющей второго уровня некоторого объекта. Найдём эффективность $E(T)$ составляющей объектового ресурса без восстановления его элементов в течение интервала T его функционирования (система водоснабжения в квартире). Эта составляющая состоит из n элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$. Интенсивность отказов всей системы водоснабжения равна сумме интенсивностей отказов ее элементов и при всех исправных элементах эффективность $E(T)$ системы равна 1. Если же отказал один из m элементов ($m < n$), то новое значение эффективности системы будет незначительно отличаться от 1. При последующих отказах любого из остальных элементов, а также при отказе двух, трех и более элементов этой составляющей, как принято выше, эффективность ее принимаем равной 0. Считаем, что восстановление составляющей объектового ресурса будет произведено после окончания промежутка времени T использования. Вероятность $p(T)$ исправного состояния всех составляющих рассматриваемо-



Взаимодействие типа объект–субъект

t — текущее время; Ro — ресурс объекта; Rs — ресурс субъекта; tbo — момент начала взаимодействия ресурсов; teo — момент предельного состояния ресурса объекта; tes — момент предельного состояния ресурса субъекта

го агрегата за промежуток времени T определяется выражением

$$p(T) = \exp(-LT).$$

Вероятность отказа одного из m элементов при часто выполняющемся неравенстве $\lambda_i T \ll 1$ по закону Пуассона имеет величину $\lambda_i T \exp(-\lambda_i T)$. Тогда вероятность $p_i(T)$ появления состояния ресурса, когда произошел отказ только одного его i -ого элемента при исправных остальных, описывается выражением

$$p_i(T) = \lambda_i T \exp(-\lambda_i T) \cdot \exp(-(\Lambda - \lambda_i)T) = \lambda_i T \exp(-\Lambda T).$$

Поэтому эффективность $E(T)$ рассматриваемой составляющей объектового ресурса описывается выражением

$$E(T) = \exp(-\Lambda T) \left[1 + T \sum_{i=1}^m \Phi_i \lambda_i \right].$$

Аналогично рассчитывается эффективность $E(T)$ остальных составляющих ресурса объекта того же уровня. При этом считаем, что эффективность некоторой составляющей ресурса равна 0, если ее численное значение ниже некоторого минимального допустимого уровня (из смесителя закапала вода; работник болен, но ходит на работу и т.п.); возникающая при этом погрешность в несколько процентов является вполне допустимой.

Эффективность объекта в целом вычисляется усреднением (или иной операцией) значений эффективности всех семи названных составляющих его ресурса.

Описанная методика моделирования объектов, субъектов позволяет проследить взаимную связь составляющей ресурса и составляющей функции вплоть до «атомных». Подробность модели объекта, субъекта определяется потребностями моделирования и требуемым интервалом допустимых значений эффективности составляющих. Сопоставление декомпозиций произвольно выбранных предприятий, произведенное вне рамок статьи, показало отсутствие отраслевой специфичности у описанной методики моделирования объектов, субъектов.

Список литературы

1. Воднев В.Т., Наумович А.Ф., Наумович Н.Ф. Математический словарь высшей школы/ Под ред. Богданова Ю.С. — Минск: "Высшая школа", 1984.

2. Гненденко Б.В. Лекции по теории массового обслуживания. — Вып. 1, 2 — Киев, 1960.

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПЫТЫ

Ю.А.МАТРОСОВ, П.Ю.МАТРОСОВ (НИИСФ РААСН), И.В.РЯБИНИН (ООО «Пластрой»)

Энергетический аудит жилого здания*

Энергетический аудит здания состоит из последовательности действий, направленных на сбор данных (мониторинг), их обработку и определение энергетической эффективности здания и его теплоэнергетических параметров. Результаты энергетического аудита являются основой заполнения энергетического паспорта и сертификации зданий по энергоэффективности.

Существуют две разновидности энергетического аудита здания. Первая условно называется неинструментальным аудитом, когда обрабатываются данные по счетам за израсходованную энергию. Неинструментальный энергетический аудит имеет много неопределенностей при интерпретации собранных данных, например, температуры внутреннего воздуха могут сильно отличаться от нормируемых значений.

Вторая разновидность, условно называется инструментальным аудитом, когда обрабатываются данные регулярных измерений специально установленного оборудования и датчиков, что позволяет собрать кроме данных за различные виды израсходованной энергии и дополнительные данные, например, температуры внутреннего воздуха по помещениям, температуры наружного воздуха, солнечной радиации. Инструментальный энергетический аудит устраняет большинство неопределенностей при интерпретации собранных данных и позволяет повысить точность конечного результата. Однако и при инструментальном аудите не все неопределенности могут быть устранены, на-

пример, влияние поведения жильцов на энергопотребление.

Обе разновидности могут использоваться для энергетического аудита как одного, так и большого количества зданий, выполняться в период от нескольких недель до нескольких лет и могут применяться и для жилых, и для общественных зданий.

Энергетический аудит здания выполняется в несколько стадий. На первой стадии определяются цели энергетического аудита, осуществляется планирование работ, процедура энергетического аудита, объем и периодичность измерений. На второй стадии выполняется установка комплекса датчиков измерений, измерительного и регистрационного оборудования, наладка и проверка комплекса в работе. На третьей стадии выполняется собственно мониторинг путем проведения регулярных измерений и записи результатов измерений. И, наконец, проводится обработка и анализ результатов измерений, интерпретация результатов и подготовка отчета.

Энергетический аудит здания зависит от поставленной задачи. Например, энергетический аудит выполняется с целью классификации зданий по энергетической эффективности согласно СНиП 23-02-03 [1] или региональных ТСН. Цель такого аудита для муниципальных органов власти заключается в выявлении зданий, которые необходимо срочно реконструировать с энергетической точки зрения. При энергетической сертификации здания задача энергетического аудита состоит в доказательстве, что эксплуатируемое здание соответствует требованиям нормативных документов.

* Статья написана на основании экспериментальных исследований многоквартирного жилого здания в Москве, выполненных в 2004 г. Исследования проводились по методике, в основу которой положены разработки двух новых ГОСТ 31167 и 31168, их применение на практике и результаты экспериментального определения энергопотребления, уровня тепловой защиты и теплоэнергетических показателей здания.

Совершенно другой вид энергетического аудита предназначен для выявления отдельных составляющих энергетического баланса зданий с целью разработки мероприятия для снижения его энергопотребления. Это более трудоемкий энергоаудит, поскольку при рассмотрении отдельных конструктивных решений наружных ограждающих конструкций необходимо использовать контактные методы определения теплотехнических характеристик. Иногда энергетический аудит здания выполняют для определения эффективности работы оборудования или новых технологий, которые воздействуют на конечное энергопотребление здания. Примерами такого оборудования могут быть устройства поквартирного отопления, крышные котельные, установки искусственного освещения и пр. Аналогичный аудит может проводиться с целью подготовки к модернизации здания. И, наконец, обследование при энергетическом аудите используется при простой инспекции здания.

Определение фактических теплоэнергетических параметров эксплуатируемых жилых зданий, проверка соответствия этих параметров нормативным требованиям и определение класса энергетической эффективности предусмотрено новым СНиП 23-02. Этим нормативным документом также предусмотрен контроль приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания, воздухопроницаемости совокупности ограждающих конструкций здания и удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, осуществляемые в соответствии с методами испытаний по ГОСТ 26254, 31167, 31168 [2-4]. Определение перечисленных параметров осуществляется путем мониторинга на эксплуатируемом жилом здании. Если методика определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждений известна давно, то методики определения двух других параметров разработаны недавно.

Распоряжением № 46 от 12 мая 2005 г. руководителя Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции Москвы В.И.Ресина с 1 июля 2005 г. утверждено "Положение о стимулировании проектирования и строительства энергоэффективных зданий и выпуска для них энергосберегающей продукции". Этим положением устанавливается механизм экономического стимулирования

проектирования и строительства зданий с пониженными по сравнению с нормируемыми по МГСН 2.01-99 показателями энергетической эффективности здания. В положении определены повышающие коэффициенты к стоимости проектирования таких зданий. Причем первая половина этой суммы выплачивается проектной организации после утверждения проекта здания, а оставшаяся сумма будет выплачена после подтверждения повышенной категории его энергетической эффективности в результате натурных испытаний, т.е. с помощью энергетического аудита.

В связи с тем, что энергоаудит здания является делом новым, приведем терминологию энергоаудита.

Энергетический аудит здания. Последовательность действий, направленных на оценку фактических нормализованных значений энергетической эффективности здания и его теплозащитных свойств с целью их сопоставления с нормируемыми значениями, а также с целью выявления потенциала энергосбережения и различных энергосберегающих возможностей в здании.

Процедура энергетического аудита здания. Эксперимент или мониторинг, которые могут быть использованы для энергетического аудита, включающие периодический сбор, регистрацию и анализ данных измерений, их нормализацию к расчетным условиям, определение энергетической эффективности здания и его отдельных частей.

Класс энергетической эффективности здания. Обозначение уровня энергетической эффективности здания, характеризуемого нормируемым интервалом значений удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период.

Нормируемые параметры энергетической эффективности здания. Теплотехнические и энергетические параметры, для которых установлены нормируемые значения

Энергетическая модель здания. Упрощенное описание энергетического поведения здания (или его отдельных частей) в виде математических формул, включающих теплотехнические свойства здания и наружную среду. При этом различают регрессионные модели и математические модели. В первых моделях устанавливаются эмпирические зависимости, например, энергопотребление в зависимости от параметров наружной сре-

ды. Во вторых моделях энергопотребление здания выражается через теплотехнические свойства здания и его компоненты и данные наружного климата.

Мониторинг энергопотребления и теплозащиты здания. Периодические измерения потоков энергии, теплотеплопоступлений в здание и параметров в внутренней и наружных сред.

Стандартизация энергетического аудита здания. Стандартизованные процедуры энергетического аудита и обработка результатов измерений.

Методика определения воздухопроницаемости совокупности ограждающих конструкций в соответствии с ГОСТ 31167

Определение воздухопроницаемости отдельных элементов не дает критериев воздухопроницаемости группы изолированных помещений (например, квартир) или отдельных помещений и здания в целом.

Сущность методики экспериментального определения воздухопроницаемости здания (квартиры) заключается в том, что в исследуемый объем нагнетают или отсасывают из него воздух и после установления стационарного воздушного потока через вентилятор при фиксированном перепаде давления между внутренним и наружным воздухом измеряют расход воздуха через вентилятор и приравнивают его к расходу воздуха, фильтрующегося через неплотности ограждений, ограничивающих испытываемый объем. По результатам измерений при нескольких перепадах давления вычисляют среднюю массовую воздухопроницаемость G исследуемого объема при разности давлений 10 Па и определяют кратность воздухообмена этого объема при разности давлений в 50 Па. Метод измерений в этом стандарте не определяет непосредственно кратность воздухообмена помещений в естественных условиях, однако возможно использование эмпирических зависимостей для приближенного определения такой кратности воздухообмена.

Поток воздуха создается вентилятором с переменной скоростью вращения, помещенным в специальный калиброванный кожух. Расход воздуха через вентилятор измеряется по перепаду давлений дросселированием потока через специальную пластину с калиброванными отверстиями.

Вентилятор помещают в отверстие специальной раздвижной створки из воздухопроницаемой ткани, устанавливаемой вместо входной двери в здание или квартиру. Создаваемые перепады давления воздуха измеряют двумя микроманометрами: один на вентиляторе измеряет разность давлений воздуха, проходящего через вентилятор, и воздуха внутри помещения ΔP_{ven} ; другой — разность давлений снаружи и внутри испытываемых помещений ΔP_{env} и на основе этих величин определяют расход воздуха через вентилятор Q_{ven} . Так как весь воздух, прошедший через вентилятор, в конечном счете проходит через ограждения, то можно считать, что расход воздуха через ограждение $Q_a = Q_{ven}$.

Вентилятор должен иметь достаточную производительность для создания разности давлений 50 Па между испытываемым объемом и воздухом снаружи. Такая разность давлений может быть обеспечена вентилятором производительностью 1200 м³/ч при испытании квартир в многоквартирных зданиях и 2500 м³/ч — при испытании односемейных зданий. Испытание можно проводить, если разность температур наружного воздуха и внутри помещения не превышает 30° и скорость ветра на высоте 1,5 м от земли не выше 8 м/с.

Методика определения удельного расхода тепловой энергии на отопление в соответствии с ГОСТ 31168

Метод определения нормализованного удельного расхода тепловой энергии на отопление здания разработан с целью сопоставления с нормируемым показателем согласно СНиП 23-02, а также расчету общего коэффициента теплопередачи здания.

Сущность метода заключается в том, что в отопительный период для определенных интервалов времени измеряют в испытываемом здании расход тепловой энергии на отопление, среднюю температуру воздуха внутри и снаружи здания и интенсивность суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Для тех же интервалов времени рассчитывают величины общих тепловых потерь через ограждающие конструкции здания, равные измеренным расходам тепловой энергии на отопление и суммарным тепlopоступлениям (бытовым и солнечной радиации через светопроемы).

По рассчитанным общим тепlopотерям при соответствующих разностях температур внутреннего и наружного воздуха определяют линейную зависимость наилучшего приближения к этим данным и по линейной зависимости и внутренним размерам помещений и ограждающих конструкций вычисляют общий коэффициент теплопередачи наружных ограждений здания и удельное потребление тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, а также устанавливают класс энергетической эффективности здания.

Характеристика здания, где был выполнен мониторинг

Двухсекционное 11-этажное жилое здание, предназначенное для муниципального (бесплатного) заселения жильцов сносимых 5-этажных зданий, возведено в Москве в течение 2002–2003 гг. (рис. 1). К началу проведения экспериментов здание было на две трети заселено. Общая

высота здания 35,3 м, длина 57,6 м и ширина 17,6 м; 177 квартир общей площадью 8250 м².

Постановлением правительства Москвы № 15-ПП от 8 января 2002 г. решено построить несколько таких зданий. Возведение здания по новой для России швейцарской технологии по системе "Пластбау" [5] финансировалось городом. Вследствии применения новой технологии здание является экспериментальным.

Конструкция здания монолитная бескаркасная железобетонная с утеплителем снаружи и внутри. Особенностью строительной системы является использование оставляемой после строительства опалубки из жесткого пенополистирола, в результате чего конструкция стены трехслойная со средним слоем из армированного железобетона толщиной 420 мм (см. рис. 1). Толщина наружного основного теплоизоляционного слоя из пенополистирола 150 мм, внутреннего слоя (дополнительная теплоизоляция) 50 мм. Изнутри пенополистирол

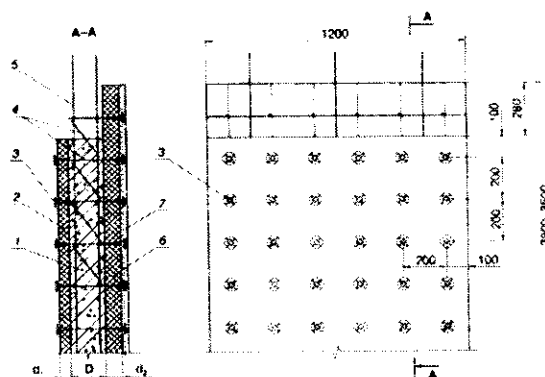
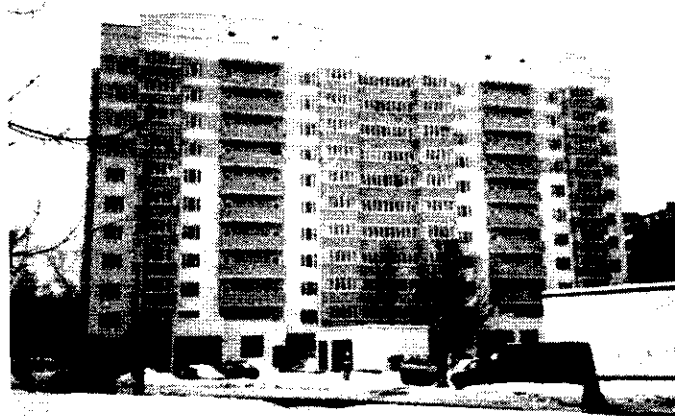


Рис. 1. Двухсекционный 11-этажный дом
а — фасад; б — план

защищен двумя слоями гипсокартона толщиной 25 мм, снаружи — штукатуркой толщиной 35 мм по арматурной сетке. Наружные и внутренние слои теплоизоляции соединены между собой стальными стержнями диаметром 2–6 мм на расстоянии 200 мм друг от друга.

Здание было запроектировано по нормам МГСН 2.01 [6] с высокими энергетическими показателями. Поскольку такое здание в Москве было первым, то руководством компании, возводившей это здание, было решено поручить НИИСФ, как основным авторам МГСН 2.01, провести экспериментальные исследования фактических энергетических характеристик этого здания.

Определение воздухопроницаемости ограждающих конструкций квартир

Экспериментальное определение воздухопроницаемости совокупности ограждающих конструкций было проведено в четырех квартирах согласно методике ГОСТ 31167 с целью проверки на соответствие новым требованиям СНиП 23-02 и для определения доли инфильтрационной составляющей в воздухообмене здания.

Кроме того, согласно новым требованиям СНиП 23-02 в каждом здании, сдаваемом в эксплуатацию, должно быть проведено выборочное испытание на воздухопроницаемость совокупности ограждающих конструкций в двух-трех квартирах. В результате проведения испытаний определяется кратность воздухообмена помещений зданий n_{50} при перепаде давлений снаружи и внутри в 50 Па и проверка ее соответствия нормируемому значению.

В результате испытаний были получены следующие кратности воздухообмена при 50 Па: 1,78; 2,86; 2,36 и 1,84 ч⁻¹, среднее значение 2,2 ч⁻¹, нормируемое значение согласно СНиП 23-02 равно 4 ч⁻¹. Очевидно, что по воздухопроницаемости нормы соблюдаются. Согласно классификации воздухопроницаемости, приведенной в СП 23-101, эти помещения относятся к классу "нормальная".

Были рассчитаны следующие величины G средней массовой воздухопроницаемости совокупности ограждающих конструкций, ограничивающих замкнутый объем квартир, включая наружные и межквартирные сте-

ны, окна, пол и потолок: 0,41; 0,88; 1,01 и 0,49 кг/(м²·ч) при среднем значении $G = 0,7$ кг/(м²·ч). Эта величина не нормируется.

Необходимо отметить, что метод измерений не определяет кратность воздухообмена квартир в естественных условиях. Однако существует эмпирическая зависимость $n = n_{50} / 20$ средней за отопительный период кратности воздухообмена в естественных условиях с кратностью воздухообмена, полученной при испытаниях в 50 Па. В результате пересчета по этой формуле получили следующие значения воздухообмена за счет инфильтрации: 0,09; 0,14; 0,12 и 0,09 ч⁻¹ при среднем значении 0,11 ч⁻¹. Нормируемая кратность воздухообмена для этого жилого здания равна 0,8 ч⁻¹. Поэтому для обеспечения необходимого воздухообмена требуется дополнительный приток, покрывающий дефицит приточного воздуха.

Определение фактического сопротивления теплопередаче наружных стен

Определение фактического сопротивления теплопередаче наружных стен выполнялось согласно ГОСТ 26254 по трем сечениям стены (два сечения в торцевой стене и одно сечение в фасадной стене) в квартире на 8-м этаже в течение 22 дней. В этот период измерения проводились каждые 2 ч и фиксировались автоматически. Программа измерений предусматривала 100-кратное измерение каждой величины с фиксацией среднего арифметического значения.

В качестве первичных датчиков были применены датчики теплового потока и термопреобразователи. Всего было использовано 10 датчиков температуры и 3 тепломера.

Получены следующие осредненные сопротивления теплопередаче, для торцевой стены: по сечению 1 — 3,28; по сечению 2 — 2,14; для фасадной стены по сечению 3 — 3,65.

Следует отметить, что в сечении 2 находится теплопроводное включение. Этим объясняется понижение сопротивления теплопередаче в этом сечении по сравнению с измеренной величиной в сечении 1 той же стены. При сдвиге по окончании измерений датчика теплового потока по горизонтали на 20 см результаты измерений были близки к тем, что были получены в сечении 1. Для фасадной стены

по сечению 3 фактическое значение сопротивления теплопередаче 3,65 м²·°C/Вт практически совпадает с расчетным значением, равным 3,7 м²·°C/Вт.

Согласно СНиП 23-02, нормируемое сопротивление теплопередаче стен равно 3,16 м²·°C/Вт. Теплопроводное включение в стене относительно невелико; также относительно невелико и его влияние. Поэтому фактическое приведенное сопротивление теплопередаче стен соответствует нормируемым значениям.

Мониторинг температур внутреннего и наружного воздуха

Параметры микроклимата измерялись вручную один раз в сутки в 12 ч дня в течение всего 22-дневного периода наблюдений с пропуском двух дней — 8 и 9 марта. Измерялись температуры внутреннего воздуха и относительная влажность. Измерения были выполнены в 11 незаселенных квартирах (двух на 11-м этаже, одной на 6-м этаже, двух на 5-м этаже, одной на 4-м этаже, трех на 3-м этаже и двух на 2-м этаже). Измерения температур выполнялись ртутным термометром, относительная влажность — цифровым гигрометром. Измерения проводились согласно ГОСТ 30494 [7] в центре помещений на высоте 1,5 м от пола. Для стабилизации показаний каждое измерение записывалось не менее чем через 20 мин после начала измерений.

На рис. 2 приведен график изменения средних суточных температур внутреннего воздуха за период измерений. Среднесуточные температуры внутреннего воздуха колебались в пределах от 20,5 до 22,5°C, относительная влажность внутреннего воздуха — от 15 до 30%.

Согласно ГОСТ 30496, в жилых помещениях оптимальная температура внутреннего воздуха находится в пределах 20–22°C, допустимая температура в пределах 18–24°C, оптимальная относительная влажность в пределах 30–45%. Очевидно, что измеренные температуры немного выше, что легко устранимо настройкой термостатов. Однако относительная влажность немного ниже предельных значений. Необходимо отметить, что измерения выполнялись в незаселенных квартирах. Следует ожидать, что в процессе эксплуатации термостаты могут быть отрегулированы путем снижения температуры на

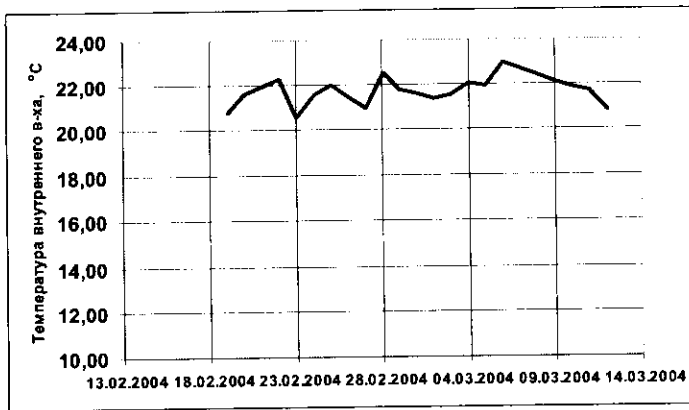


Рис. 2. График измеренных средних суточных температур внутреннего воздуха

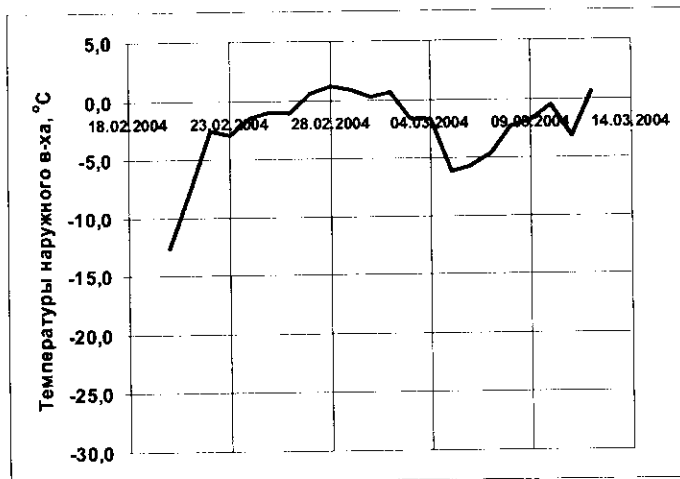


Рис. 3. Средний суточный ход температур наружного воздуха в период измерений

0,5°C. Также следует ожидать, что в заселенных квартирах относительная влажность будет находиться в оптимальных пределах.

Начальный период измерений характеризовался относительно низкими температурами наружного воздуха (-16 °C) с постепенным потеплением (до ± 2°) к середине периода и с небольшим похолоданием (до -6 °C) в конце периода измерений. В течение большей части периода измерений была пасмурная погода.

Данные о средних суточных температурах наружного воздуха для того же периода наблюдений были получены осреднением срочных наблюдений по данным ближайшей метеостанции (на ВДНХ). Средний суточный ход этих температур приведен на рис. 3.

Данные о средней суточной суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности были

получены по данным наблюдений метеостанции "Университет". Эти данные были пересчитаны согласно приложению В ГОСТ 31168 на вертикальные поверхности, соответствующие

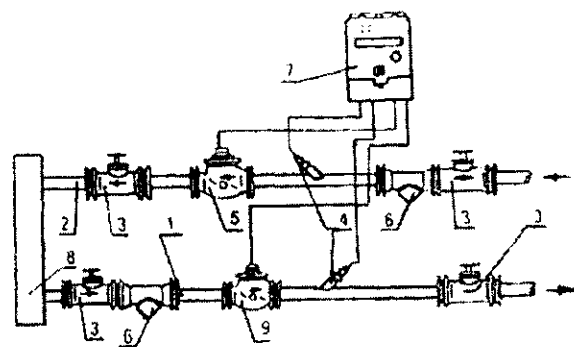


Рис. 4. Схема установки теплосчетчика

1 — обратный трубопровод; 2 — подающий трубопровод; 3 — запорные органы; 4 — термопреобразователи сопротивления; 5, 9 — счетчик горячей воды ВСТ с датчиком импульсов; 6 — фильтр с отстойником; 7 — вычислитель Supercal-431; 8 — распределительная сеть в здании

ориентации фасадов здания на ЮЗ/ЮВ. Суммарные средние суточные теплопоступления от солнечной радиации через светопроемы Q_S^i , кДж, рассчитывались согласно тому же приложению.

Мониторинг теплоэнергетических параметров здания

Экспериментальное определение экспресс методом теплоэнергетических параметров было выполнено согласно ГОСТ 31168.

Для этой цели Заказчиком был установлен на границе балансовой принадлежности комплект теплосчетчика типа СТ 1, состоящий из счетчиков горячей воды типа ВСТ, вычислителя типа Supercal-431 и комплекта платиновых преобразователей сопротивления типа Pt-500, измеряющих температуру воды. Схема установки теплосчетчика приведена на рис. 4.

Период наблюдений 22 дня. В этот период один раз в сутки (в полдень) осуществлялся вручную съем следующих текущих параметров теплоносителя с электронного счетчика Supercal-431 для определения суточного расхода теплоты на отопление:

объемный расход воды (нарастающим итогом) в подающем трубопроводе, м³;

объемный расход воды (нарастающим итогом) в обратном трубопроводе, м³;

температура воды в подающем трубопроводе, °C;

температура воды в обратном трубопроводе, °C;

время наработки теплосчетчика, ч.

В этот же период наблюдений один раз в сутки (в полдень) считыва-

лись показания двух электросчетчиков (по одному на каждую секцию нарастающим итогом) для определения суточного расхода электроэнергии. Предполагалось, что вся электроэнергия, израсходованная в здании, переходит в тепловую энергию в виде бытовых тепловыделений.

Бытовые тепловыделения от людей, заселяющих квартиру, были рассчитаны приближенно из условия заселения 115 квартир из 177 в доме и нахождения в них по два взрослых человека.

Данные о средних температурах внутреннего воздуха в здании были получены для того же периода наблюдений осреднением данных измерений по площадям квартир.

На рис. 5 приведен график суточного потребления теплоты на отопление здания Q_{ht}^i , кДж, рассчитанных по формуле (1) ГОСТ 31168 с использованием данных измерений среднего за сутки потребления воды в системе отопления и разности температур в подающем и обратном трубопроводах.

Суточные величины общих теплопотерь здания Q_h^i , Вт, через ограждающие конструкции для периода наблюдений рассчитывались по формуле (6) ГОСТ 31168 с использованием данных суточного потребления теплоты на отопление и данных измерений средних суточных теплопоступлений от солнечной радиации и бытовых теплопоступлений. Величины Q_h^i нанесены точками на рис. 6 в виде функциональной зависимости теплопотерь здания от разности температур воздуха внутри и снаружи.

По этим данным была найдена линейная зависимость (на рис. 6 — прямая линия) теплопотерь здания Q_h^i от средних суточных разностей температур воздуха внутри и снаружи с коэффициентом a , Вт/°С, по формуле (7) ГОСТ 31168.

С помощью коэффициента a по формуле (9) был рассчитан фактический общий коэффициент теплопередачи K_m наружных ограждающих конструкций здания, равный 1,044 Вт/(м²·°С). Для сравнения, расчетная величина для этого здания равна 0,993 Вт/(м²·°С). Таким образом очевидно, что фактическое значение общего коэффициента теплопередачи практически совпадает с расчетным значением.

Следует напомнить, что согласно СНиП 23-02 общий коэффициент теплопередачи K_m состоит из двух составляющих: k_m^{tr} — приведенного ко-

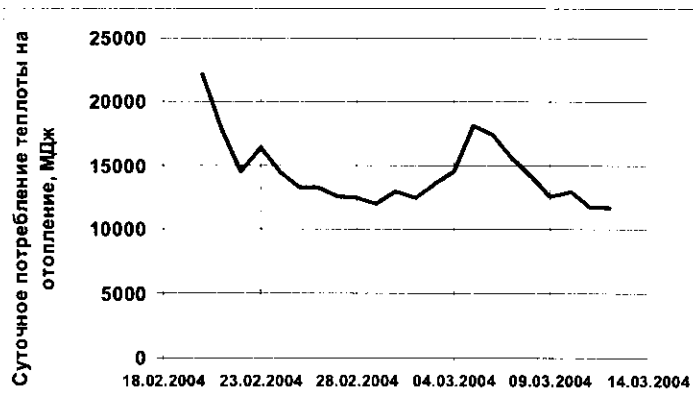


Рис. 5. Суточное потребление теплоты на отопление здания

Зависимость теплопотерь здания Q_h^i от разности $t_{int} - t_{ext}$

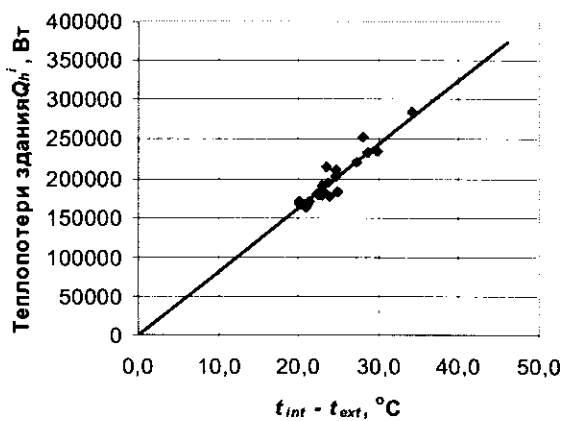


Рис. 6. Зависимость общих теплопотерь здания от разности температур снаружи и внутри

эффициента теплопередачи совокупности наружных ограждающих конструкций и k_m^{inf} — условного коэффициента теплопередачи здания, учитывающего теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции. Результаты выборочного определения фактического приведенного сопротивления теплопередаче стен подтвердили соответствие нормируемым значениям. Результаты экспериментального определения воздухопроницаемости показали существенно более низкую кратность воздухообмена, чем нормируемая величина, и поэтому меньшее чем расчетное фактическое значение k_m^{inf} . Необходимо также отметить, что вследствие заселенности квартир здания в период испытаний не более

65% фактические бытовые тепловыделения в здании были также ниже расчетных значений.

Расход тепловой энергии на отопление здания за расчетный отопительный период Q_h^y определили по формуле (10) ГОСТ 31168 равным $Q_h^y = 2\,916\,904$ МДж

Удельный фактический расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период q_h вычислили по формуле (11) ГОСТ 31168 равным $q_h = 70,33$ кДж/(м²·°С·сут).

Согласно СНиП 23-02, нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление 10–11-этажного здания равен 72 кДж/(м²·°С·сут). Удельный фактический расход тепловой энергии на отопление здания за ото-

пительный период немного ниже нормы. Согласно классификации зданий, установленной в СНиП 23-02, здание относится к классу "нормальный". Необходимо отметить, что здание было запроектировано по нормам МГСН 2.01, где для зданий 10 этажей и выше установлена норма 68 кДж/(м²·°С·сут). Согласно классификации МГСН 2.01, по категории энергетической эффективности это здание относится к категории "стандартная".

Заключение

В целом получены хорошие теплотехнические и энергетические показатели — лучшие, чем требования нового СНиП 23-02, введенного в действие после завершения строительства здания. В исследовательской практике НИИСФ с такими хорошими теплотехническими и энергетическими показателями встречаемся впервые. Очевидно, что такое здание энергоэффективное и полностью соответствует требованиям новых норм по обоим критериям.

Однако проектные (расчетные) показатели и, в частности расчетное удельное энергопотребление, на 30% ниже фактического значения. Причины такого расхождения заключаются в следующем:

дом был в эксплуатации первый год после завершения строительства; в первый год эксплуатации происходит удаление (высыхание) строительной влажности из ограждающих конструкций и постепенная стабилизация теплотехнических показателей;

дом был заселен на две трети и в период экспериментальных исследований продолжался процесс заселения; в этот период входные двери в вестибюль здания практически не закрывались, также были приоткрыты двери в наружные переходы лестничных клеток; все это приводило к прониканию холодного воздуха в общие коридоры и лифтовые площадки;

дом имел повышенную приблизительно на 2° температуру внутреннего воздуха в квартирах, несмотря на наличие термостатических кранов, т.е. имел место перетоп.

В результате во время экспериментальных исследований по сравнению с расчетными значениями были:

более высокие чем расчетные теплотери через ограждающие конструкции за счет повышенной строительной влажности ограждающих кон-

струкций и повышенной температуры внутреннего воздуха в квартирах;

более высокие чем расчетные теплотери на нагрев свежего воздуха, поступающего в коридоры и лифтовые площадки;

в 2,5 раза меньшие бытовые тепловыделения, чем расчетные вследствие заселенности дома на две трети.

В итоге можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемое здание удовлетворяет требованиям СНиП 23-02 по тепловой защите и немного превосходит эти требования. Очевидно, что такое здание энергоэффективное и полностью соответствует требованиям новых норм по обоим критериям.

2. Исследуемое здание относится к классу энергоэффективности "нормальный" (или "стандартный" по МГСН 2.01) и по удельному фактическому расходу тепловой энергии на отопление здания за отопительный период соответствует нормам СНиП 23-02.

3. Микроклимат в помещениях квартир здания удовлетворяет оптимальным параметрам ГОСТ 30494.

4. Проверка на кратность воздухообмена при 50 Па подтвердила соответствие нормативным требованиям СНиП 23-02.

5. Инфильтрационная составляющая недостаточна для обеспечения необходимого по санитарным нормам притока воздуха в здание. В связи с этим целесообразно предусматривать в последующих проектах таких зданий дополнительный регулируемый приток воздуха.

Список литературы

1. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

2. ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».

3. ГОСТ 31167-2003 «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях».

4. ГОСТ 31168-2003 «Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление».

5. Рябинин И.В. Пластабау — индустриальная технология строительства энергосберегающих жилых домов // «Строительные материалы», 2003, № 4.

6. МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению».

7. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

По темпам и росту жилищно-гражданского строительства область стала одним из лидеров в области развития комплексной застройки микрорайонов, внедрении современных технологий при сносе ветхого жилого фонда, развитии инженерной и социальной инфраструктуры. Только в прошлом году строители Москвы сдали в эксплуатацию 5,7 млн. м² жилья.

В выставке приняло участие более 300 крупнейших российских и иностранных строительных компаний, производители строительных материалов, изделий и конструкций, машиностроительные предприятия, крупные инвесторы и застройщики, банки и ипотечные компании, научные и научно-исследовательские организации.

Главной целью проведения выставки был показ современного состояния строительной отрасли Подмосковья, ее основных достижений, перспективы ее дальнейшего развития, а также демонстрация новых технологий и разработок в строительстве и промышленности, прогрессивного оборудования для производства материалов, изделий и конструкций, технических решений и инвестиций в области строительного комплекса.

Одна из главных тем экспозиции — создание проектов и возведение зданий с навесной фасадной системой, позволяющей не только придать сооружению прекрасный внешний вид, но и «одеть» его стены в теплую «одежду».

Особенность этой системы состоит в том, что ее можно применить и в новом строительстве и при реконструкции и капитальном ремонте наружных стен.

Так, компания «Конструкция» предложила оригинальные решения крепления навесных элементов облицовки для фасадов с помощью специальных клеммеров из коррозионной штампованной стали. Используемые кронштейны позволяют применять утеплитель толщиной до 200 мм или производить декоративную облицовку без утеплителя. Влага, накапливаемая в утеплителе, удаляется через вентилируемый воздушный зазор.

Благодаря отсутствию мокрых процессов монтировать системы можно круглый год.

Теме экономии тепла и защите зданий от проникания холода посвятили свои разработки ряд фирм, в числе которых «Хоббит», промышленная группа которого является самым крупным переработчиком немецкого оконного профиля «ВЕКА».

Неделя строительного искусства Подмосковья

В выставочном комплексе «Крокус-Экспо» проходила выставка «Строительная неделя Московской области-2005».

Окна из ПВХ, производимые этой компанией, сравнительно недавно появились в России, однако уже успели занять прочные позиции, потому что они обладают прекрасными теплозащитными и шумоизолирующими свойствами, не требуют покраски и ремонта в процессе эксплуатации.

Следует отметить, что благодаря уникальной пластичности ПВХ-профиль способен принимать практически любые конфигурации, что дает

одна из причин участия в выставке нескольких предприятий, занимающихся разработкой и производством современного вертикального транспорта.

Разнообразные конструкции лифтов представили «Сивер лифт», ООО «Элитлифт» и МГУП «Мослифт». Часть лифтового оборудования работает на электротяге, другая — на гидравлике. Разработаны новые типы лифтов с блоком специального уп-



Малозэтажный жилой дом

неограниченную свободу архитекторам для использования различных композиционных приемов.

В «теплых» профилях наружная и внутренняя оболочка профиля соединены между собой термомостом (изолирующей планкой), который прерывает поток тепла, обеспечивая таким образом лучшую теплоизоляцию.

Из этих же элементов, выполняемых из алюминия и пластика, создаются раздвижные конструкции для остекления балконов и лоджий жилых домов и общественных зданий.

В Подмосковье разработана и уже реализуется программа развития Московской области на период до 2020 г., где предусмотрено строительство многоэтажных зданий и сооружений, их инженерное оснащение. Это

равления для передвижения пожилых людей и инвалидов на креслах-колясках.

Недавно внедренные в практику эксплуатации микропроцессорные системы («Мослифт») для управления лифтом обеспечивают алгоритм работы в жилых (административных) зданиях с возможностью одиночного и группового управления лифтами. Сегодня по решению правительства Москвы постепенно внедряются системы по обеспечению безопасности граждан, находящихся в кабине лифта и на площадках перед входом в нее.

Современная цифровая система видеонаблюдения, помимо традиционного видеонаблюдения за подъездами жилых домов, включает и круглосуточный контроль за криминогенными территориями, дворами, не-

штатными ситуациями. Используя новейшие методы получения и обработки видеoinформации, данная система может осуществлять непрерывный сбор, передачу и архивирование видеоданных от большого числа камер с возможностью оперативного отображения и доступа к видеоархивам в помещении специально оборудованного локального пункта охранного видеонаблюдения.

Большое внимание организаторы экспозиции уделили проблеме сборного домостроения, востребованного при возведении малозэтажных жилых и гражданских зданий не только в Подмосковье, но и в других регионах.

Например, ООО «ТАЛДОМ ПРОФИЛЬ» предложило новую технологию строительства малозэтажных (до двух этажей) быстровозводимых зданий, коттеджей, предприятий малого бизнеса, небольших гостиниц с несущим каркасом из легких стальных тонкостенных конструкций.

Особенность этой технологии — использование стальных тонкостенных профилей для каркасного малоэтажного домостроения без мокрых технологических процессов.

В нее входят: несущие стены с каркасом из термопрофилей и теплоизоляцией; конструкции междуэтажных перекрытий из тонкостенных профилей, несущие стропильные элементы из легких стальных оцинкованных профилей.

Наружная облицовка стен выполняется по принципу вентилируемого фасада, благодаря чему осуществляется проветривание утеплителя. Для внешней отделки стен применяются любые материалы: кирпич, сайдинг, деревянные панели, стекло, стальные кассеты.

Высота этажа может достигать 4,2 м, а свободный пролет покрытия между несущими стенами — 11 м. Толщина стены колеблется (в зависимости от расчета) от 150 до 250 мм, при этом обеспечиваются высокие теплофизические параметры стены.

Организаторы «Строительной недели Московской области» считают, что участники выставки продемонстрировали эффективные и современные разработки конструкций, материалов и т.д., позволяющие ускорить сроки строительства и улучшить его качество. Это был деловой форум, где были заключены договоры и контракты. В этой связи важную роль играют представительность и высокий статус выставки, проводимой под эгидой правительства Московской области.

В.Г. Страшнов (Москва)

Л.А.АБРАМСОН, инженер (ЦНИИЭП жилища)

Развитие строительства высотных зданий

Единого определения понятия "высотный дом" в настоящее время не существует. В разные времена понятие "высотный дом" имело разные значения. Очевидно, оно будет изменяться и в дальнейшем по мере роста этажности возводимых зданий.

На I Международном симпозиуме СИБ (1971 г.) было предложено считать высотными здания выше 100 м (или 30 этажей). Международная база данных "skyscraper.com" включает здания высотой от 30 м (12 этажей).

В изданных Москомархитектурой и утвержденных правительством Москвы в 2002 г. "Общих положениях к техническим требованиям при проектировании жилых зданий высотой более 75 м" [1] "высотными" именуются здания высотой от 75 до 150 м. В технической литературе [2, 3] к высотным отнесены здания, высотой существенно меньшей.

Еще в Древнем Риме возводили 10-этажные жилые деревянные дома высотой до 35 м (так называемые "инсулы", размером в плане на квартал, предназначенные для беднейшего населения). Полторы тысячи лет 10-этажная высота оставалась предельной для жилых зданий, хотя за это время техника строительства совершенствовалась и возводились многоэтажные здания и сооружения промышленного, культового, фортификационного и общественного назначения, которые можно назвать "высокими" или "высотными" даже сегодня. В качестве примера можно привести и Вавилонскую башню, и египетские пирамиды, и Фаросский маяк, и средневековые рыцарские замки.

Ограничение высоты жилых зданий являлось следствием не технических проблем, а физических возможностей человека: 10 этажей — это предел, преодолеть который при подъеме пешком по лестнице нельзя, не испытывая усталости и дискомфорта. (Следует учитывать разницу в высоте этажа: например, высота 10-этажного дома, построенного до революции, примерно соответствовала

высоте современного 13-этажного.) Для сравнения: в 50-х годах прошлого века в СССР на основании медицинских исследований была определена предельно допустимая высота зданий без лифта, равная 5 этажам.

Ранний чикагский период — рождение небоскрёба

Изобретение в середине XIX в. Э.Отисом (США) средства вертикального транспорта с паровым приводом, получившего название "лифт", имело огромное значение. Первый в истории подъемник с примитивным паровым приводом был установлен на Фаросском маяке за 300 лет до н.э. Грузовые паровые подъемники были известны задолго до того, как Отис получил свой патент. Его заслугой было усовершенствование этих подъемников, а главное — изобретение устройств, предохраняющих кабину лифта от падения в случае обрыва троса.

Чикаго стал родиной небоскрёбов потому, что он стремительно превратился в крупнейший в США (и в мире) промышленный, торговый и финансовый центр. Численность его населения в 1870 г. составляла 300 тыс. чел, а к 1890 г. достигла 1 млн. Первые небоскребы начали строить в Чикаго после опустошительного пожара 1871 г.

Первый этап высотного строительства охватывает период с 1871 по 1891 г. В те времена высотными (high) считались здания высотой 10 этажей и выше.

Характерные особенности этого периода:

этажность зданий не превышала 10-12 этажей (как правило, 10);

наряду со строительством отдельных таких зданий, ими застраивались целые кварталы и районы

Чикаго (в дальнейшем принцип: "рядом с небоскребом можно построить лишь другой небоскреб" стал одним из основополагающих в американской концепции высотного строительства);

возведение высотных зданий осуществлялось, в первую очередь, в деловом центре города, благо площадка под массовую застройку была расчищена пожаром. Высотные здания с самого начала предназначались под конторы, банки, страховые компании и торговые помещения. Это также стало отличительной чертой высотного строительства в США. Там во второй половине XIX в. еще не было исторически сложившихся деловых центров (подобных лондонскому Сити) и никакие памятники истории и архитектуры не препятствовали сплошной высотной застройке;

побуждающим импульсом для высотного строительства послужили соображения престижа фирм-заказчиков. Экономические факторы (цены на участки под застройку) мало влияли [4];

конструктивная схема — перекрестно-стеновая, материал — кирпич.

Последние два обстоятельства определили этажность и архитектуру первых небоскребов, их внутреннюю планировку. Они имели мало общего с современными высотными зданиями (рис. 1). Размеры в плане домов, которые возводили на незатесненных окружающей застройкой участках, не были ограничены, поэтому их высотность (и без того небольшая) очень слабо выражена в архитектуре и, прежде всего, в соотношении размеров здания. Высота первых "чикагских небоскребов" соотносилась с длиной фасада в пределах 1,5:1–2,5:1 (против 6:1–8:1 в современных высотных башнях). Во внешнем облике первых "чикагских небоскребов" нашел отражение популярный во второй половине XIX в. стиль "эkleктика", сочетающий архитектурные приемы и образы всех предшествующих эпох, начиная с Древнего Египта. Объемы не расчленены, каждое здание — единый монолит. В среде окружающей застройки они "первые среди равных" и выделяются только размерами, но никак не архитектурой. Они символизируют фундаментальность, солидность, приверженность традициям тех торговых фирм, банков и страховых компаний, которые в них размещались.

Помимо условий строительства и вкусов заказчиков, внешний облик первых "чикагских небоскребов" опре-

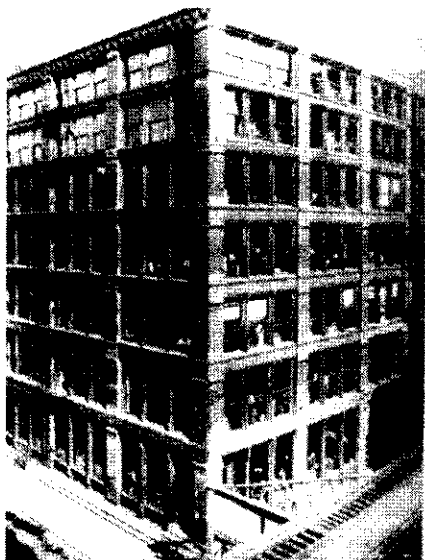


Рис. 1. Чикаго. "Лейтер Билдинг", 1890 г.

делялся конструкцией наружных стен — они были несущими и кирпичными, следовательно, мощными. Ширина оконных проемов, соответственно, была ограниченной, как и их количество — отсюда так называемые "перфорированные фасады". Внутреннее пространство, разгороженное пересекающимися массивными стенами, было тесным и не поддавалось перепланировке.

Первые небоскребы не были оборудованы лифтами, хотя лифты к тому времени уже были известны и применялись в отдельных зданиях малой и средней этажности. Однако они считались роскошью. Электрическое освещение также отсутствовало. Здания эти проектировали по тем же нормам, что и обычные здания средней этажности.

Завершение "кирпичного этапа" связано со строительством 16-этажного здания "Монаднок" в 1891 г. в Чикаго (рис. 2). К тому времени в Чикаго и Нью-Йорке уже были построены и строились дома с чугунным внутренним каркасом. Однако высота их по-прежнему не превышала 10-12 этажей. Авторы проекта "Монаднок" попытались доказать возможность существенно превысить этот предел, используя традиционную перекрестно-стеновую конструктивную систему и кирпич в качестве материала несущих стен. В результате толщина стен первого этажа приблизилась к 2 м (по источнику [3] — к 4 м). Тем самым

была окончательно доказана несостоятельность и бесперспективность использования кирпичных стен в качестве несущей конструкции в высотном строительстве (многократное увеличение этажности к тому времени стало насущно необходимым). Строительство "Монаднок" явилось этапным событием и по другим причинам. Это не только первое в истории здание гражданского назначения, превысившее казавшийся непреодолимым порог в 10-12 этажей, но и первый высотный дом, оборудованный лифтом, электроосвещением и телефонной связью.

Первый этап высотного строи-

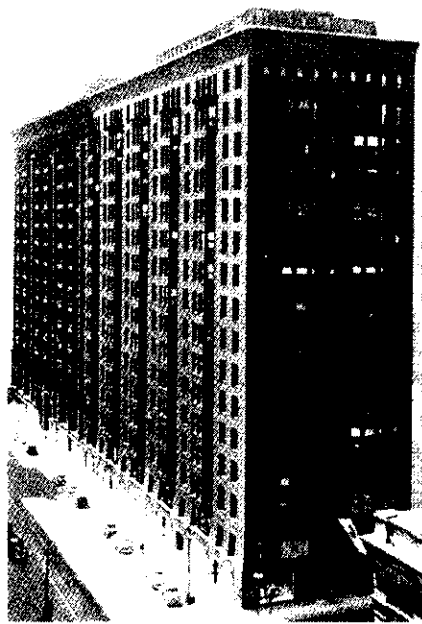


Рис. 2. Чикаго. 16-этажное здание "Монаднок", 1891 г.

тельства подтвердил на практике осуществимость и перспективность этого направления (в том числе экономическую). На первом этапе определились некоторые основные положения американской концепции высотного строительства. Наконец, в этот период сложилась "Чикагская архитектурная школа", сыгравшая и тогда, и позже исключительно важную роль в развитии высотного строительства. У его истоков стоял глава этой школы Луис Салливан (1854-1924), который ещё в 1896 г. провозгласил принцип: "Функция определяет архитектуру". Начиная с 20-х годов XX в. этот принцип определил направление развития архитектуры во всём мире, в

том числе в СССР. Однако воплотить его на практике на рубеже XIX и XX вв. Салливан и его соратники не смогли. Исключение составляют высотное здание, построенное Салливаном в Сент-Луисе, и выставочный павильон.

Решающий шаг

Второй этап начался в 1891 г., а завершился в 1916 г., когда США вступили в Первую мировую войну. Основное его содержание — переход на каркасную систему и использование металла (чугуна, затем стали) в качестве материала несущих конструкций. Собственно, наличие конструктивной системы, способной эффективно воспринимать колоссальные вертикальные и горизонтальные нагрузки, определяет сущность понятия "высотное здание". Рамный каркас был первой из таких конструктивных систем.

Первый в мире металлический каркас, на который опирались не только перекрытия, но и стены, был применён в конструкции малоэтажного здания кондитерской фабрики в г.Нуазель-сюр-Мар во Франции (1871 г.). Американский инженер Л. Баффингтон в начале 80-х годов XIX в. разработал ряд проектов каркасных зданий повышенной этажности и заложил основы теории расчёта каркасных систем.

Принято считать [4], что начало эпохи строительства гигантских зданий новой конструкции положило возведение в 1903 г. в Нью-Йорке группы скромных 10-12-этажных зданий с чугунным каркасом. По другим сведениям [2], первым каркасным зданием стал построенный в 1892 г. в Чикаго 20-этажный Мормонский храм высотой 100 м. Он получил титул самого высокого здания в мире и на время стал главной достопримечательностью Чикаго. На крыше храма поместили смотровую площадку (впервое!).

Каркасные здания составили разительный контраст со своими кирпичными предшественниками: внутреннее пространство оказалось свободным от мощных капитальных стен. Для торговых и конторских помещений (а все построенные к тому времени небоскребы предназначались под них) возможность трансформации была важным преимуществом. А главное, каркасные конструкции оказались значительно дешевле благодаря резкому сокращению расхода материалов. И, наконец, каркасная



Рис. 3. Чикаго. "Хоум Иншуренс Билдинг", 1891 г.

конструкция (совместно с применением лифтов) открывала перспективу увеличения этажности.

Период применения чугунных колонн и ригелей был непродолжительным. Он во многом связан с господствовавшим на рубеже веков стилем — модерном. Для модерна было характерно использование чугунных колонн и ферм в конструкции зданий и сооружений любой этажности. Пластичность чугуна позволяла отливать колонны с базами и капителями, а также с элементами декора. Ригели обычно были выполнены в виде ажурной арочной фермы, а консоли — в виде такой же полуфермы. Элементы каркаса соединялись на болтах.

Однако чугун плохо работает на изгиб, что ограничивало величину воспринимаемых горизонтальных нагрузок. А они для высотных зданий являются основными. Этажность небоскребов новой конструкции мало отличалась от их предшественников. Шаг чугунных колонн не превышал 3 м (против 6–9 м и более при применении стали).

Лишь переход на стальные прокатные профили в качестве материала несущих конструкций и, соответственно, на клепаные соединения позволил реализовать на практике

преимущества каркасной системы. С этого момента началась знаменитая "гонка по вертикали" [5].

По данным [6], первое здание со стальным каркасом было построено в Чикаго еще в 1884–1885 гг. Речь идет о 10-этажном здании страхового общества ("Иншуренс Хоум Билдинг") высотой 55 м (рис.3). Здесь, помимо стального каркаса, смонтированного из балок и колонн Г-образного профиля, фасадные стены были впервые выполнены из навесных панелей.

В Чикаго к 1909 г. было построено 35 небоскребов и, очевидно, временно наступил "период насыщения". Свою роль сыграл и принятый чикагским муниципалитетом в 1893 г. закон, ограничивающий высоту возводимых зданий 40 м. Возобновилось строительство высоток в городе в 1951 г.

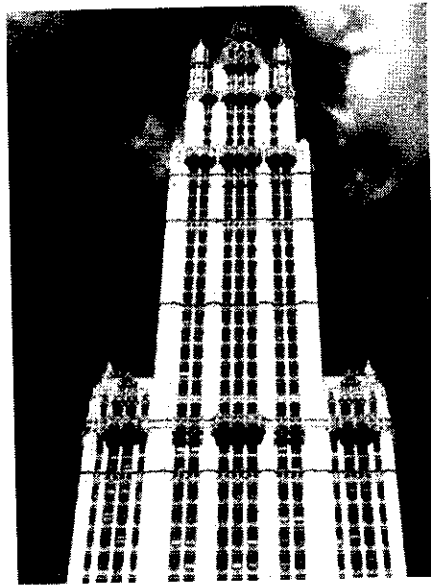


Рис. 4. Нью-Йорк. "Вулворт Билдинг", 1916 г.

Начиная с 1913 г. центром высотного строительства становится Нью-Йорк. В Нью-Йорке градостроительная ситуация была совсем иной, нежели в Чикаго. Деловой центр здесь располагался на полуострове Манхэттен, был к тому времени плотно застроен и расширять его было некуда. Цены земельных участков на Манхэттене были высокими, поэтому фирмы-заказчики стремились к максимально возможной высоте своих резиденций. Так возник новый образ высотного здания — узкая, устремленная ввысь башня.

Кроме того, на Манхэттене была невозможна сплошная высотная застройка, как в Чикаго. Небоскребы сооружались на строительных площадках, разбросанных по всему полуострову, в произвольной последовательности, без учета каких бы то ни было градостроительных соображений.

Упомянутая "гонка по вертикали" завершилась в 1913 г. возведением грандиозного по тем временам "Вулворт Билдинга" высотой 241 м (57 этажей) (рис.4). Оно оставалось высочайшим в мире на протяжении 17 лет. В этом здании впервые были применены скоростные лифты и полное кондиционирование. "Вулворт Билдинг" стал не только архитектурно-строительной сенсацией, но и символом мощи и процветания США и Нью-Йорка, не говоря уже о фирме "Вулворт". Именно в связи с возведением этого здания появилось слово "небоскреб" ("skyscraper").

До вступления США в Первую мировую войну в Нью-Йорке было построено еще 2 высотных здания (31 и 39 этажей).

Главным достижением второго этапа следует считать переход на стальной каркас. В качестве диафрагм жесткости использовались кирпичное заполнение рам каркаса. В некоторых случаях с этой целью устанавливали диагональные раскосы. Из архитектурных соображений, а также с целью защиты стали от коррозии и воздействия огня при пожаре стальные рамы и колонны обкладывали кирпичом. Но в работе конструкции кирпичная кладка не участвовала. Иногда колонны и ригели покрывали штукатуркой.

Несмотря на наличие опыта применения навесного фасада, наружные стены по-прежнему выкладывали из кирпича. Но теперь они были ненесущими и в пределах каждого этажа опирались на каркас, что позволило принимать количество и размеры окон из условий освещенности и по архитектурным соображениям (аналогичная конструкция наружных стен применяется в настоящее время в России).

В архитектуре высотных зданий этого периода по-прежнему господствовала эклектика (главным образом, готические мотивы).

С возникновением нового типа высотного здания стало очевидно, что:

декоративные архитектурные детали на фасаде видны лишь на нижних этажах;

здание видно за десятки километров (в частности, с залива). Следовательно, особое значение приобретает его силуэт. Масштаб и соотношение составляющих его объемов должно быть иным, чем прежде;

для того чтобы высотность здания была визуально реализована (т.е. чтобы его можно было увидеть целиком), к нему должно примыкать обширное открытое пространство — площадь, широкая магистраль, парк, море.

Осознание этих истин пришло в начале 20-х годов, но практические выводы из них были сделаны позже. Необходимость открытого пространства вокруг небоскрёба диктуется также и строительной гигиеной: в 1916 г. в США впервые были введены нормы, регламентирующие соотношение высоты здания и ширины прилегающих улиц.

Затесненность высотной застройки привела не только к нарушению градостроительного масштаба, но и затемнению и нарушению аэрации на соседних улицах [5]. Согласно нормам 1916 г., чем более здание сужалось к вершине, тем выше оно могло быть при прочих равных условиях. Следствием этого стала ступенчатая конфигурация небоскрёбов, возведённых на следующих этапах. В одних случаях ступенчатость была выражена слабо, в других — сильно, но присутствовала почти всегда.

На рубеже XIX и XX вв. произошло еще одно событие, в дальнейшем оказавшее сильное влияние на высотное строительство. В этот период железобетон находит широкое применение в строительстве. В 1903 г. в Париже он впервые был использован в несущей конструкции высотного сооружения. Это достижение не повлияло на высотность зданий гражданского назначения. Однако благодаря применению железобетона (вначале монолитного, а в послевоенный период — и сборного) высотное строительство получило импульс к развитию. Оно стало более экономичным, а здания — более огнестойкими и долговечными. Кроме того, перед архитекторами открылись новые возможности. Но в период, о котором идет речь, железобетон использовался только в конструкциях перекрытий и фундаментов.

Ещё одним важнейшим событием данного этапа следует считать образование трёх крупных проектно-строительных фирм, специализировавшихся на высотном строитель-

стве. "Turner Construction Co" основана в 1895 г., две другие — "Mueser Rutledge Consulting Engineers" и "Thomson-Jamasett Engineers" — в 1910 г. Они по сей день занимают лидирующее положение в высотном домостроении, причём не только в США, но и в мире.

Золотой век строительства небоскрёбов — реализация возможностей

Третий этап охватывает период между двумя мировыми войнами.

Во время Первой мировой войны и еще на два года после нее строительство высотных зданий в США прекратилось. Строго говоря, третий период начался в 1921 г., когда, несмотря на послевоенный кризис, был построен первый небоскрёб. Первым важным событием нового периода стал конкурс проектов здания редакции газеты "Чикаго Трибюн", которое было построено в 1925 г. (высота 141 м, 34 этажа).

На этом конкурсе впервые заявило о себе новое направление в архитектуре — *рационализм*. Его сторонники пришли к выводу, что здание, в первую очередь, должно быть функционально, т.е. как можно полнее отвечать требованиям гигиены, комфорта и тех видов деятельности (или отдыха), для которых оно предназначено. Всякое внешнее украшательство при этом отвергалось. Первую премию на конкурсе получил ничем не примечательный проект, авторы которого вдохновлялись, по традиции, готическими мотивами. Вторая премия была присуждена Э.Сааринену за проект, в котором воплотились принципы рационализма. Кроме Сааринена в конкурсе участвовала большая группа европейских архитекторов — представителей школы "Баухауса" во главе с В.Гроппиусом. Всего в конкурсе участвовало 250 архитекторов.

Еще одной сенсацией 1925 г. стал первый в истории жилой высотный дом "Ритц Тауэр" высотой 165 м (41 этаж) с квартирами класса "люкс".

"Гонка по вертикали", между тем, продолжалась и принимала порой причудливые формы.

В 1930 г. в Нью-Йорке фирмы "Крайслер" и "Бэнк оф Манхэттен" возводили два небоскрёба неподалёку друг от друга. Каждый из них претендовал на мировой рекорд высоты. Архитектор "Крайслер Билдинга" держал в строжайшем секрете его проектную высоту. Когда строительство

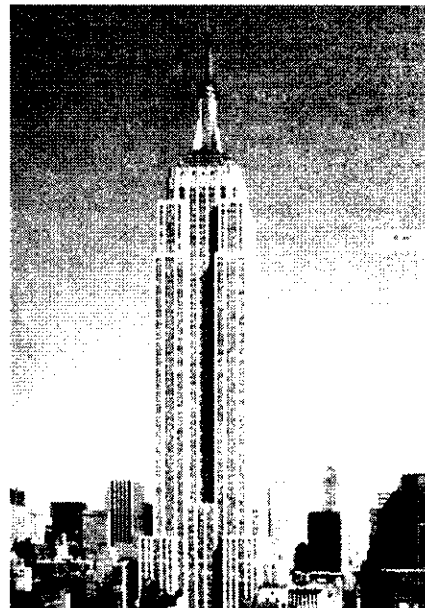


Рис. 5. Нью-Йорк. "Эмпайр Стейт Билдинг", 1930 г.

обоих гигантов было завершено, обнаружилось, что "Бэнк оф Манхэттен" выше. Но через несколько дней из шатра, которым увенчан "Крайслер", вверх выдвинулся высокий шпиль. С учетом шпиля "Крайслер" стал самым высоким зданием в мире — 319 м. Кроме того, многие авторы утверждают, что это самое красивое здание из построенных в изысканном стиле "Арт-Деко" (который получил широкое распространение в предвоенное десятилетие)

Рекорд, установленный "Крайслер Билдингом", продержался лишь несколько месяцев. В 1931 г. был построен "Эмпайр Стейт Билдинг" высотой 381 м (102 этажа), в котором был достигнут наивысший предел несущей способности стального рамного каркаса. Со шпилем (телевизионной антенной, установленной в начале 1950-х годов) его высота составила 448 м. "Эмпайр Стейт Билдинг" более 40 лет оставался самым высоким зданием в мире. Здание считается шедевром американской архитектуры [8] (рис. 5).

Прочность, устойчивость, пожаростойкость высотных зданий вообще, и "Эмпайр Билдинга" в частности, были подтверждены в 1945 г., когда в здание врезался 10-тонный средний бомбардировщик "В-25". Экипаж погиб, но больше никто не пострадал. Здание выдержало удар с минимальными разрушениями.

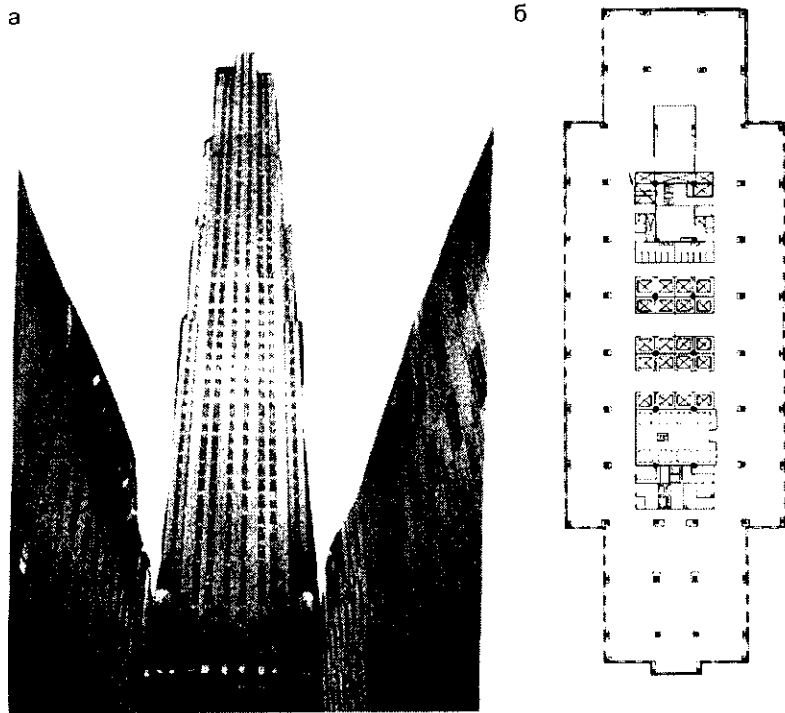


Рис. 6. Нью-Йорк. "Радио-Сити", 1940 г.
а — общий вид; б — план типового этажа

В 1940 г. завершилось строительство комплекса "Рокфеллер-Сентр", длившееся 8 лет. Самое высокое здание комплекса "Радио-Сити" (в настоящее время "Дженерал Электро Билдинг") имеет высоту 259 м (рис.6). Комплекс включал 2 небоскреба высотой 41 и 36 этажей и еще 11 зданий (позднее их число возросло до 19).

"Рокфеллер-Сентр" — первый в истории крупный комплекс высотных зданий, построенных по единому проекту. Прежде возводились одиночные небоскребы в виде башен (за одним единственным исключением). Здесь была осуществлена концепция "города в городе" или "оазиса в городе". Комплекс включает площадь, сад (на крыше одного из зданий, примыкающих к "Радио-Сити"), театр, кинотеатр, концертный зал, мощную радиостанцию, штаб-квартиру компаний "Стандарт-Ойл" и "Дженерал Электрик" и ряд предприятий обслуживания.

Здание "Радио-Сити" представляло собой новое слово в высотном строительстве — оно имеет форму вертикального параллелепипеда размером в плане 100x30 м. Ньюйоркцы прозвали его "Пластиной".

Помимо перечисленных достижений, следует отметить следующие особенности и итоги третьего этапа:

он характеризовался строительным бумом (вопреки кризису 20-х го-

дов). С 1921 по 1940 г. в Нью-Йорке было построено 15 небоскребов, 12 из них — выше 200 м. Два наиболее высоких (выше 380 м) сохраняли первенство по этому показателю вплоть до 1970 г.;

сформировался классический тип небоскреба в виде башни или пластины;

в этот период использование железобетона распространилось на наружные стены и стены коммуникационных шахт (их возводили в переставной или скользящей опалубке);

высотное строительство впервые вышло за пределы Нью-Йорка и Чикаго и даже США: в 1932 г. были построены 2 небоскреба в Филадельфии, а в 1935 г. — первое высотное здание в Буэнос-Айресе (Аргентина).

После войны

Четвертый этап охватывает 50–60-е годы XX в. Он во многом определил дальнейшие направления развития высотного домостроения. В этот период Европа активно включается в процесс совершенствования и развития конструкций, архитектуры и методов возведения высотных зданий.

Первые 5 лет после войны нигде в мире высотные здания не строили, за исключением небоскреба ООН в Нью-Йорке (1947–1952 гг.).

В течение послевоенного периода высотное строительство распространилось на Европу, Латинскую Америку, Азию. Оно развивалось там в новых условиях и на новой основе.

Первые высотные дома в Европе построены в начале 50-х годов в СССР. Завершенное в 1953 г. здание МГУ высотой 238 м (центральная часть) оставалось самым высоким на континенте до 1990 г. (37 лет!).

В конструкции 33-этажного здания на Котельнической набережной, построенного в 1952 г., впервые в мире была применена каркасно-ствольная конструктивная схема. Она обеспечивает передачу горизонтальных ветровых усилий от наружных стен через связевый каркас на коммуникационную шахту, которая служит пространственной диафрагмой жесткости, воспринимающей эти усилия. В дальнейшем данная система стала наиболее употребляемой в мировой практике вплоть до последнего времени.

Что касается архитектуры этих зданий, то, несмотря на острую критику, которой она подверглась, "семь сестёр" в настоящее время официально признаны памятниками архитектуры. Общественное признание получила также их градостроительная роль и тот факт, что они, несомненно, украсили и обогатили силуэт Москвы. Недавно завершенное строительство здания "Триумф Палас" (самое высокое в Европе) несёт на себе отпечаток архитектурных традиций "высотного зодчества" 50-х годов прошлого века в Москве. Можно говорить и о международном признании. Авторы фундаментальной монографии [2] отмечают: "Варшава и Москва — это примеры двух европейских городов, где высотное строительство хорошо себя зарекомендовало".

В Центральной и Западной Европе послевоенная социальная ситуация определялась острейшим жилищным кризисом. Многие города были полностью или частично разрушены, включая исторические центры. Их предстояло отстроить заново. Значительным сдерживающим фактором был консерватизм и предубежденность общества в отношении высотного строительства. Они проявлялись, прежде всего, в нормативных и законодательных ограничениях высоты городских зданий. Например, во Франкфурте-на-Майне было запрещено возводить здания, превышающие высотой кафедральный собор (40 м). В Лондоне был установлен предел в 100, а затем в 150 м.

Первые небоскребы в Западной Европе построены во второй половине 50-х годов. Это, как правило, жилые дома для семей со скромным достатком, их архитектура была сдержанной, а высота не превышала 30–35 этажей (130 м). Возведение этих зданий обычно финансировалось муниципалитетом. Они получили прозвище "жилые силоса". Тем не менее, в то время они играли значительную роль в формировании силуэта города. Хотя побудительные мотивы для их возведения были чисто коммерческими, они стали градостроительными центрами при формировании новых жилых районов на окраинах таких городов, как Милан, Париж, Дюссельдорф, Лондон и др. [4]. Вначале высотное строительство в европейских городах допускалось только на окраинах или даже вне городской черты. Исключение составил Франкфурт-на-Майне, где, наряду с высотной застройкой одной из окраин, было разрешено строить небоскребы в деловом центре. Высота зданий могла превышать высоту кафедрального собора только на 95 м (т.е. не выше 135 м).

В связи с ограниченными финансовыми возможностями европейские небоскребы 50-х годов постройки имели железобетонный рамный каркас, который существенно дешевле стального. Для основной массы высотных жилых зданий, построенных с тех пор, применение железобетонного каркаса стало традицией (табл. 1, 2). В качестве несущей конструкции наряду с каркасом применялись железобетонные продольные стены (28-этажные жилые дома в Гренобле, Франция). Наружные стены первых европейских небоскребов нередко были сборными железобетонными, причем панели включали лоджии и балконы [5].

Вместе с тем продолжались активные поиски новых архитектурных форм и конструктивных средств их воплощения, прерванные войной.

Одним из крупных достижений этого периода в Западной Европе стало построенное в 1961 г. в Брюсселе (Бельгия) здание "Сентр Интернешнл Роджер" (оно же "Тир Мартини"). Это здание высотой 110 м (30 этажей + 1 подземный) стало во многих отношениях прообразом будущих европейских небоскребов. Несущий каркас "Тир Мартини" железобетонный, лишь в верхних трех этажах — стальной. Фасад смонтирован из эмалированных алюминиевых панелей. Две трети полезной площади в этом здании занимают офисы, одну треть — жи-

Таблица 1

Название зданий	Материал конструкций			
	железобетон		сталь	
	этажность	%	этажность	%
Жилые дома	70	95		5
Отели	более 50	40	80–100 и более	70
Административные здания	более 50	40		70
Современный период: все жилые здания	любое число	30	любое число	70

Таблица 2

Материал несущих конструкций	Объемы применения строительных конструкций в 100 самых высоких в мире зданиях, %, по годам						Итого
	1930-е годы	1950-е годы	1960-е годы	1970-е годы	1980-е годы	1990-е годы	
Сталь	100 (1)	50 (1)	100 (5)	70 (12)	42 (13)	38 (12)	44 (44)
Комбинированные конструкции	—	50 (1)	—	18 (3)	39 (12)	36 (16)	32 (32)
Железобетон	—	—	—	12 (2)	19 (6)	36 (16)	24 (24)
Всего	100 (1)	100 (2)	100 (5)	100 (17)	100 (31)	100 (44)	100 (100)

Примечание. В скобках указано количество построенных зданий.

лые апартаменты (к началу 60-х годов жилье в высотных домах предназначалось уже для состоятельных людей). Кроме того, в здании размещались магазины, театр, подземная парковка и пентхауз на верхнем этаже (клуб).

Архитектура высотных зданий к этому времени далеко ушла от прямоугольных объемов и плоских фасадов эпохи "раннего рационализма". Уже самый первый западноевропейский офисный небоскреб "Торре Веласко Тауэр" высотой 28 этажей, построенный в 1958 г. в Милане, имел причудливую форму в виде двух поставленных друг на друга кубических объемов, из которых верхний больше нижнего (рис. 7).

Другим примером может служить построенное в 1957–1961 гг. в Милане здание фирмы Пирелли (127 м, 34 этажа), имеющее в плане форму двойковыпуклой линзы (рис. 8).

Высотные здания с похожей формой плана были построены в Париже ("Тур Мэн Монпарнас") и Лондоне ("Пост Хауз").

Наступление эпохи "Новой эстетики" в высотном строительстве Европы и США связано с именем Миса Ван-дер-Роэ. Он разработал свою концепцию высотного здания еще в 1925 г. в стенах знаменитого "Баухау-

за", одним из лидеров которого он был. Его принято считать основоположником рационализма. В 40-е годы М. Ван-дер-Роэ предложил новый тип

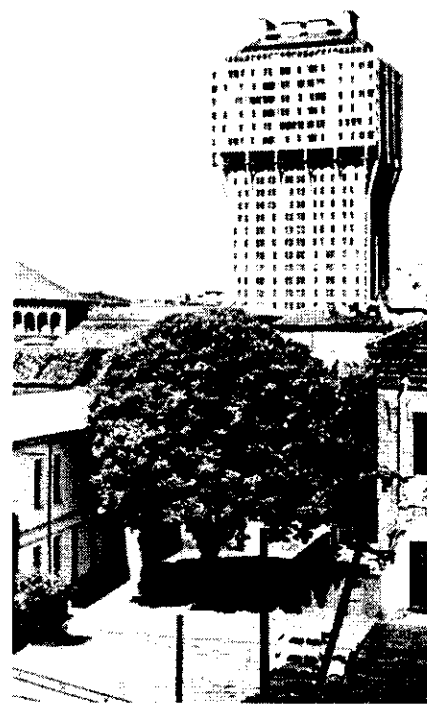


Рис. 7. Милан. "Торре Веласко Тауэр", 1958 г.



Рис. 8. Милан. Здание фирмы Пирелли, 1961 г.

высотного здания, воплощающего главный принцип рационализма "ограничиться необходимым". В этом здании не осталось ничего, что можно было исключить, чтобы добиться еще большего лаконизма. Одновременно оно было очень технологичным в монтаже и экономичным. Здание представляло собой параллелепипед, ограниченный с четырех сторон сплошными стеклянными плоскостями. Несущей конструкцией служил внутренний каркас. Это стало возможным благодаря появлению на строительном рынке стекла с высокими прочностными и светоотражающими свойствами, а также неотражающего (чтобы блики не мешали прохожим, водителям машин и людям, находящимся в соседних зданиях) стекла. Позже появились стекла, тонированные в различные цвета.

Предложение Ван-дер-Роэ стало логическим завершением развития так называемого "интернационального стиля". Он возник в 20-х годах XX в. на основе выдвинутой Ле Корбюзье идеи: здание трактуется как кубический объем (или сочетание таких объемов) с обнаженными гладкими поверхностями. Наружное ограждение — из легких материалов. Несущей основой служит легкий каркас. Технология возведения сводится к монтажу укрупненных модульных элементов. Другим источником "интернационального" стиля была европейская традиция возведения большепролётных зданий и сооружений из стекла с опиранием на каркас, первым из которых стал

знаменитый "Кристалл Палас" — павильон, построенный в 1851 г. на I-й Всемирной выставке в Лондоне. Таким образом, хотя новый стиль назывался "интернациональным", по существу он был европейским. Начиная с середины XX в. и до наших дней "интернациональный" стиль — один из наиболее широко применяемых в высотном строительстве, прежде всего для офисных зданий и зданий торгового назначения.

Идея Ван-дер-Роэ была впервые реализована при строительстве в Чикаго в 1951 г. жилого здания "Лейк Шор Драйв"; за ним последовал ряд зданий аналогичной конструкции и

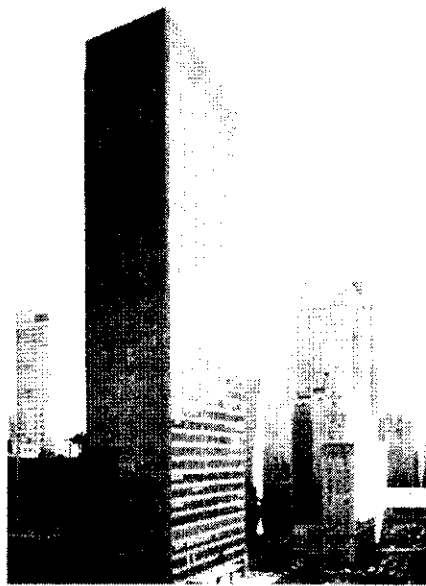


Рис. 9. Нью-Йорк. "Сиграм Билдинг", 1958 г.

архитектуры. На одном из них — построенном в 1952 г. "Левер Хаузе" — впервые несущие колонны каркаса располагались в плоскости фасада. Пространство между ними закрыто стеклом. Этот конструктивный прием впоследствии стал широко распространенным. Наивысшим достижением "интернационального стиля" принято считать построенное в 1958 г. в США с участием Ван-дер-Роэ здание "Сиграм Билдинг" (рис. 9). В подражание ему в Европе в 60-е годы был возведен целый ряд зданий с несущим каркасом и стеклянными фасадами. Всего в период с 1948 по 1969 г. М. Ван-дер-Роэ спроектировал и построил в Чикаго 16 небоскребов. Это была экспансия европейской архитектуры на американский континент.

В 1958 г. произошло еще одно важнейшее событие. Хуберт Бек (Германия) опубликовал расчеты, подтверждающие возможность передачи горизонтальных нагрузок с фасадных стен на расположенные в глубине здания коммуникационные шахты, которые в этом случае играют роль пространственных диафрагм жесткости. Этот конструктивный прием уже был применен на практике в жилом доме на Котельнической набережной в Москве в начале 50-х годов. Получив теоретическое обоснование, каркасно-ствольная конструктивная система стала наиболее распространенной системой в высотном строительстве. После 1958 г. с ее применением был построен целый ряд зданий в Европе: "Пост Хауз" (Лондон, 1960 г., 177 м); Турдю Миди (Брюссель, 1966 г., 145 м); "Пирелли Билдинг" (Милан, 1961 г., 127 м). Лишь в последние годы она стала применяться реже [5, 9].

Главное преимущество каркасно-ствольной системы состоит в экономии материала каркаса (который теперь несет лишь вертикальные нагрузки) и в возможности в связи с этим уменьшить число колонн, увеличить их шаг и освободить внутреннее пространство. Ещё одним важнейшим преимуществом является упрощение конструкции узла опирания ригеля на колонну, который из жесткого превратился в шарнирный. Внутри зданий с компактным планом колонны могут быть вообще исключены, а передача горизонтальных усилий с фасада на стены лестнично-лифтового узла в этом случае осуществляется перекрытиями (обычно ребристыми). В жилых зданиях усилия могут передаваться поперечными стенами, которые все равно необходимы как элемент планировки.

Примером подобного конструктивного решения служит комплекс из двух одинаковых 180-метровых 64-этажных жилых круглых башен "Марина Сити". Американцы прозвали их "кукурузные початки". Комплекс построен в Чикаго в 1962–1964 г. (рис. 10). План здания представляет собой две концентрические окружности. Внешняя, диаметром 34,4 м, образована наружной стеной. Опорой наружной стены служат расположенные по периметру колонны, соединенные между собой ригелями на уровне каждого этажа. Внутреннее кольцо образовано стенами коммуникационной шахты, играющей роль пространственной диафрагмы жесткости. Кольца соединены между собой ра-

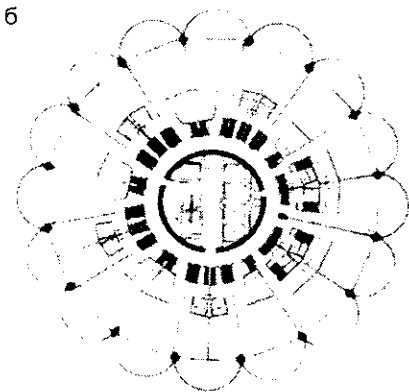


Рис. 10. Нью-Йорк. "Марина Сити", 1964 г.
а — общий вид; б — план типового этажа

диальными стенами. В нижних 13 этажах, соединённых винтовым пандусом, располагается автостоянка.

В Европе переход на каркасно-ствольную систему не привёл к увеличению этажности. Здесь, как и прежде, продолжали возводить небоскрёбы высотой не более 200 м, почти исключительно в железобетоне, включая наружные и внутренние стены, колонны и ригели каркаса, стены коммуникационной шахты. Преимущество новой конструктивной системы были полностью реализованы в США, где небоскрёбы высотой более 200 м — "Чейз-Манхеттен Плаза" (1961 г., 248 м, Нью-Йорк), "Бэнк оф Америка" (1969 г., 237 м, Сан-Франциско); "Пруденшл Тауэр" (1964 г., 228 м, Бостон) и другие возводили со сталь-

ным каркасом и стальными наружными стенами. Последние выполняли в виде бескаркасной решетки, к которой снаружи крепили сплошное стекло в металлических рамах, либо оконные переплеты с надоконными и подоконными металлическими панелями (стальными, алюминиевыми, реже — цинковыми).

Стены коммуникационных шахт при этом возводили либо железобетонными, либо в виде стальной раскосной или безраскосной решетки. Встречаются и комбинированные варианты, когда стены шахты до определенной высоты железобетонные, а выше стальные. Для небоскрёбов выше 200 м такой вариант обычно экономически оптимален. Что касается перекрытий (и в Европе, и в США), то они — железобетонные во всех вариантах (сборные, монолитные или сборно-монолитные). Как уже упоминалось, при данной конструктивной схеме их часто выполняют ребристыми, или к ним крепят снизу мощные, развитые по высоте балки либо фермы для передачи больших горизонтальных нагрузок.

Следующий шаг в совершенствовании конструкции высотных зданий — использование наружных стен в качестве жесткой замкнутой оболочки, воспринимающей (полностью или частично) горизонтальные нагрузки. При этом торцовые стены служат диафрагмами жесткости для стен главного и дворового фасада, а эти последние, в свою очередь, служат диафрагмами жесткости для торцовых стен. При работе на изгиб жесткость здания обеспечивается всем его поперечным сечением. Эта система была предложена во второй половине 50-х годов группой чикагских архитекторов во главе с Ф. Каном и получила название "коробчатой" или "оболочечной".

Значение данной инновации трудно переоценить. Прежде всего, она открыла возможность увеличения высоты зданий благодаря повышению их пространственной жесткости. Новая конструктивная система полностью освободила внутреннее пространство здания от колонн и диафрагм жесткости, включая коммуникационную шахту. Последнюю теперь можно расположить в любом месте плана по воле архитектора, разделить на несколько коммуникационных узлов или вообще вынести за пределы внутреннего объема. Расход материалов на перекрытия становится значительно меньшим, поскольку теперь

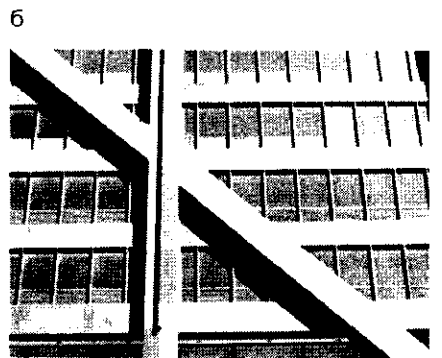
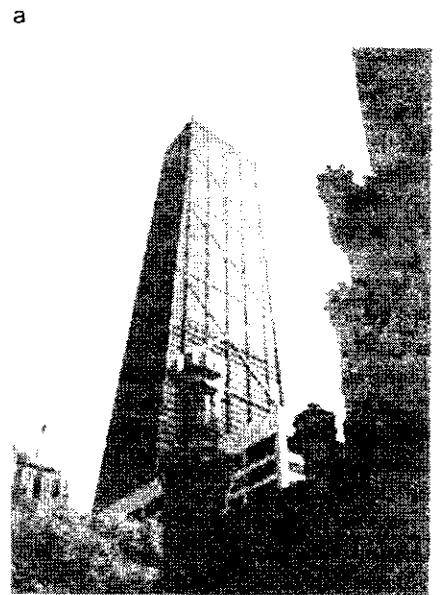


Рис. 11. Чикаго. "Джон Хэнкок Сентр", 1969 г.
а — общий вид; б — фрагмент раскосной решетки

через них не передаются большие горизонтальные усилия. По той же причине сокращается расход материалов на коммуникационную шахту. Упрощаются конструкции перекрытий (теперь они могут быть плоскими) и стен ствола. Первым зданием новой конструкции стал 43-этажный небоскрёб, построенный в начале 60-х годов в Чикаго.

Ярким примером здания с оболочковой конструктивной схемой может служить небоскрёб "Джон Хэнкок Сентр" (1969 г., 343 м, 100 этажей, Чикаго). Здание имеет форму усеченной пирамиды с основанием 84,2x54,1 м (рис. 11, а). Функцию несущей конструкции наружной стены и всего здания здесь выполняет мощная стальная раскосная решетка. В ней колонны из сварного листа — несущие элементы, балки — ненесущие, а раскосы придают решетке жесткость. Алюминиевые панели и то-

нированное стекло в алюминиевых переплетах заполняют пространство между элементами решетки вспомогательного каркаса. Такая конструкция типична для зданий оболочковой системы со стальными наружными стенами, хотя вспомогательный каркас встречается редко. В данном случае он потребовался потому, что шаг колонн и расстояние между балками главного каркаса слишком велико для того, чтобы крепить непосредственно к ним элементы фасада (рис. 11, б).

Особенность "Большого Джона", как прозвали это здание американцы, состоит в том, что стальная решетка не скрыта за навесными панелями и стеклом, а открыто экспонирована на фасаде как элемент архитектурного облика здания. Тем самым достигнут идеал рационализма: единство конструкции и архитектуры. Это здание признано одним из шедевров высотного строительства, оно самое высокое в мире здание со смешанными функциями. В верхних 10 этажах расположены жилые апартаменты — до недавнего времени это было самое высокорасположенное жильё в мире. При низкой облачности верхние этажи оказываются на уровне облаков. Ниже располагаются офисы, ещё ниже — магазины.

Оболочковые конструкции высотных зданий стремительно развивались в нескольких направлениях. Начиная с 60-х годов получила широкое распространение коробчато-ствольная конструктивная система. В просторечии эта система называется "труба в трубе" — две замкнутых оболочки расположены одна внутри другой. Роль внешней оболочки играют наружные стены здания, а внутренней — стены коммуникационной шахты. В небоскрёбах с внутренним двориком эту функцию выполняет замкнутый прямоугольник стен дворового фасада. Внешняя оболочка воспринимает лишь часть горизонтальных нагрузок, а остальную часть передает через ребристые перекрытия или иные конструкции на внутреннюю оболочку.

Отличие от каркасно-ствольной системы состоит в том, что там ствол воспринимает всю горизонтальную нагрузку от наружных стен, которые являются несущими.

Система "труба в трубе" основана на распределении горизонтальной нагрузки между наружной стеной и стенами коммуникационной шахты пропорционально жесткости этих оболочек, которая задана расчетом при проектировании. Суммарная жест-

кость здания при этом на 30–50% выше, чем при использовании каркасно-ствольной системы [9]. Свободный от колонн пролёт — от наружной стены до ствола — в наши дни может достигать 16 м. Больше обычно и не требуется (из условия освещённости естественным светом). Примером применения системы "труба в трубе" служит здание компании "Юнайтед Стил" в Питсбурге (256,3 м, 64 этажа, 1970 г.). В плане оно представляет собой равнобедренный треугольник с длиной каждой стороны 67,7 м. Наружная решетка образована стальными колоннами коробчатого сечения. Шаг колонн 12 м. Центральный ствол тоже треугольной формы, стены его выполнены в виде стальной решетки. Жесткость здания обеспечивается вертикальными связями в стенах центрального ствола и дополнительно в верхнем этаже по всей ширине здания. Благодаря этому горизонтальное отклонение здания под расчетным напором ветра не превышает 1/500 высоты.

На современный уровень

В 70–80-х годах применялись ставшие традиционными конструктивные системы: каркасно-ствольная и оболочечная. Одновременно с этим в Европе и США получили распространение (в Европе широкое, в США ограниченное) новые строительные системы и технологии.

Во Франции до настоящего времени применяется технология возведения высотных жилых зданий с использованием объемно-переставной опалубки [9]. При этом несущими конструкциями служат бетонные поперечные стены, играющие роль диафрагм жесткости. Высота таких зданий ограничена.

В ФРГ, Голландии и Великобритании получила распространение технология подъема перекрытий (этажей) с помощью мощных домкратов, закрепленных на вершине коммуникационной шахты, возводимой с опережением. В некоторых случаях в качестве дополнительных опор использовались стальные монтажные колонны. (В СССР этот метод использовался в 70-х годах в Армении; отдельные здания возведены в Москве и Санкт-Петербурге.) Несущим элементом в этом случае служит коммуникационная шахта. Этажи подвешены непосредственно к верхней ее части, либо к консолям, закрепленным на ней, либо опираются на эти консоли (рис.

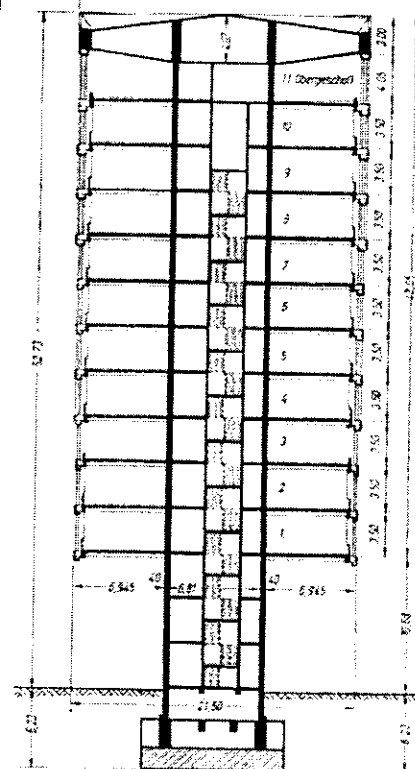


Рис. 12. Конструктивное решение здания с коммуникационной шахтой (стволом) и подвешенными к ней либо консольно опертыми на нее этажами

12, 13). Одним из наиболее интересных в архитектурном отношении зданий, возведенных методом подъема этажей, является 18-этажная резиденция фирмы "БМВ" в Мюнхене (70-е годы, рис. 14). Метод подъема этажей обеспечивает экономию средств на установку строительных кранов, устройство подкрановых путей, фундамента и на транспортные расходы. Однако при этом ограничивается высота здания и возможности планировки (за исключением первого этажа, где пространство свободно). Данная конструктивная система называется "ствольной", ее распространение весьма ограничено.

В 70–80-е годы в Западной Европе развернулось широкомасштабное высотное строительство. Существовавшее ранее резко отрицательное отношение к небоскрёбам сменилось сдержанным признанием, но с рядом оговорок. Прежде всего, это касалось высоты возводимых зданий — ни в одном случае она не превышает 300 м. Уже упоминалось, что Московский университет оставался самым высоким зданием Европы до 1990 г. Сегод-

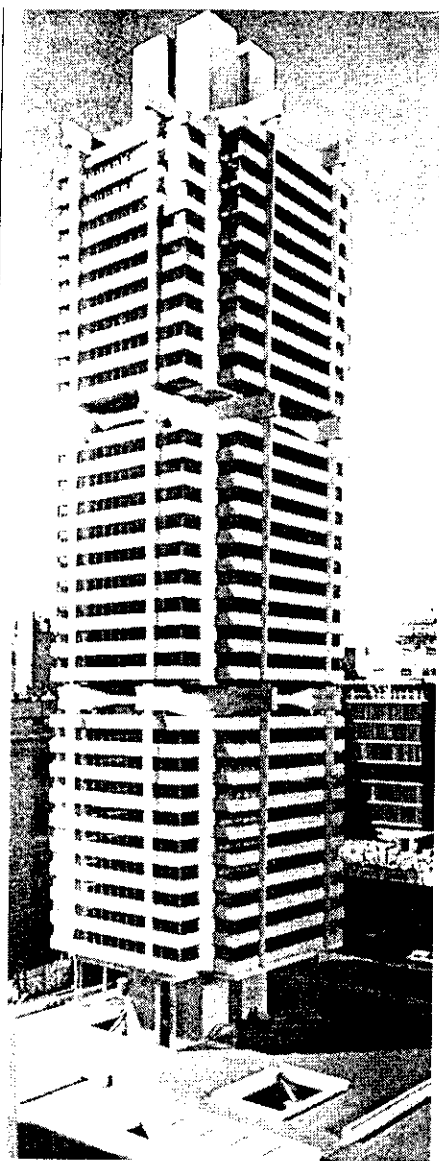


Рис. 13. Йоханнесбург (ЮАР). "Висячий дом" — "Стандарт Банк"



Рис. 14. Мюнхен. Здание фирмы "BMW" (макет)

ня "чемпионом Европы" является московский "Триумф-Палас" высотой 284 м.

Основная масса высотных зданий в Западной Европе, по-прежнему, располагалась в новых районах на периферии городов. Но нескольким — причем самым высоким небоскрёбам — удалось ворваться в исторические центры нескольких европейских столиц. Последствия, связанные с изменениями градостроительного масштаба, силуэта города и т.д., многие источники (в частности [2]) расценивают как катастрофические. Речь идёт, в частности, об "Уан Канада Сквэр" (Лондон, 254 м, 1984 г.) и "Тур Мэйн Монпарнас" (Париж, 209 м, 1973 г.). В противоположность этому строительство большого комплекса высотных зданий Ла Дефанс на окраине Парижа и ещё в нескольких точках на периферии столицы Франции заслужило самую высокую оценку как сообщества архитекторов, так и общественного мнения. Благодаря общественному мнению удалось предотвратить возведение супернебоскрёбов в центре Парижа (427 м) и Лондона (383 м).

В этот период (80–90-е годы) центром европейского высотного домостроения становится финансовая столица Западной Европы — Франкфурт-на-Майне. Здесь существует два района высотного строительства: в деловом центре и на окраине. В центре построены здания "Коммерцбанка" (259 м) и "Мессетюрма" (257 м), которые на протяжении длительного времени оставались высочайшими в Европе вплоть до завершения москов-

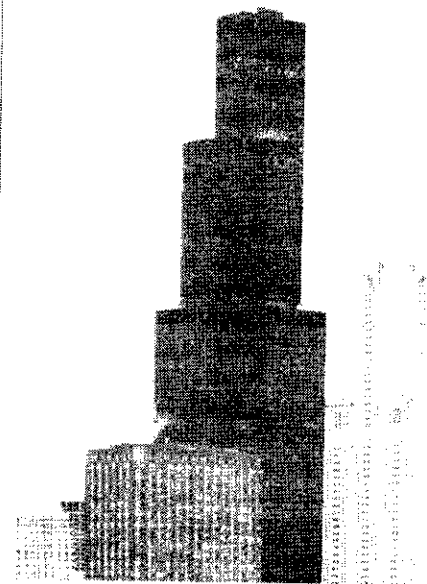


Рис. 15. Чикаго. "Сирс Тауэр", 1974 г.

кого "Триумф-Паласа". Сегодня силуэт древнего Франкфурта-на-Майне напоминает крупные города США, что дало повод склонным к консерватизму немцам дать ему ироническое прозвище "Майнхэттен". Отрицательное отношение европейцев к высотному строительству в 70–80-е годы прошлого века проявилось в том, что очень многие квартиры оставались пустыми.

В США последняя треть XX в. ознаменовалась возведением "Сирс Тауэр" (Чикаго, 442 м, 110 этажей, 1974 г.) (рис. 15). Он оставался самым высоким в мире зданием пока в 1998 г. в Куала-Лумпуре (Малайзия) не был построен комплекс "Петронас Твин Тауэрс". Собственно, малазийскому небоскрёбу удалось выйти на первое место лишь благодаря высокому шпилю. Высота "Сирс Тауэр" с учётом колоссальной телеантенны 520 м, и сегодня она никем не превзойдена. При возведении "Сирс Тауэр" (с коробчатой конструктивной схемой и стальными решетчатыми наружными стенами) был применен новый метод увеличения жесткости здания по высоте — так называемый "принцип бамбука". Здание разбито по высоте на ряд секций. На границе каждой пары секций устроен технический этаж. В нем размещаются раскосные

связи, жестко соединяющие нижнюю секцию с верхней. В результате жестко связанные перекрытия над и под техническим этажом образуют диафрагму жесткости. Расчетная схема здания превращается из гибкого стержня в составной. При сопоставимых условиях горизонтального нагружения гибкая деформация и деформация сдвига во втором случае существенно меньше. Вторым фактором обеспечения жесткости "Сирс Тауэр" является то обстоятельство, что в плане он также разделен на множество ячеек; таким образом, он подобен не стеблю бамбука, а пучку бамбуковых стеблей. Колонны установленных друг на друга секций связаны между собой в разных уровнях узкими стенами-перемычками, которые служат диафрагмами жесткости и воспринимают ветровые нагрузки, передающиеся от коробчатых стен. В этом им помогают коммуникационные шахты (в тех секциях, где они есть).

Ещё одним фактором, повышающим устойчивость здания, является его ступенчатая, сужающаяся кверху форма. Небоскрёб "Сирс Тауэр" получил известность благодаря ещё одному обстоятельству: на нём впервые была применена автоматизированная мойка окон со стороны фасада.

"Принцип бамбука" нашел применение почти во всех наиболее высоких зданиях, построенных позже.

Крупнейшим событием в истории высотного строительства является возведение "Мирового торгового центра" в Нью-Йорке, завершено в 1973 г. Строительство продолжалось 7 лет. Комплекс состоял из двух башен (110 этажей, 415 м без антенны) и четырех 8-10-этажных вспомогательных зданий, размещенных вокруг. Башни имели шесть подземных этажей, где размещались парковка на 2000 машин, станции метро и электропоездов, торговые помещения и службы сервиса, службы технического обслуживания комплекса. В конструкции башен применена коробчатоствольная система. Усилия от расчетной ветровой нагрузки — 63 м/с (с повторяемостью 1 раз в 100 лет) — частично воспринималась решетчатыми наружными стенами, а частично — мощными стенами коммуникационной шахты. Всего в каждой башне располагалось 100 лифтов, скоростных и местных и четыре грузовых [9].

Разрушение башен под воздействием пожара в течение нескольких часов не явилось следствием ошибки авторов проекта. Здания были рас-

считаны на аварийный удар самолета и пожар, вызванный возгоранием авиационного керосина. Но в начале 70-х годов, когда разрабатывался проект, температура горения авиационного топлива была значительно ниже, чем 30 лет спустя, и количество его в баках самолетов было гораздо меньше. Эта катастрофа особенно ярко продемонстрировала важность эффективной системы эвакуации небоскреба в чрезвычайной ситуации. Если бы не тысячи жертв, можно было бы сказать, что разрушение небоскребов 11 сентября 2001 г. дало обильный материал для изучения. Комиссия, образованная после катастрофы, выработала ряд положений, касающихся конструкции, планировки, инженерного оборудования высотных зданий, которые, видимо, войдут в строительные нормы всех стран.

Возникло новое направление строительной науки — "теория разрушений" — изучение так называемого "прогрессирующего разрушения" (когда разрушение одной конструкции приводит к разрушению следующей) и методов его предотвращения.

Континент гигантов

Экспансия высотного строительства в Азию началась даже раньше, чем в Европу, но масштабы ее в начале были гораздо скромнее.

Первое высотное здание Шанхайского банка в Гонконге было построено в 1948 г. (Еще раньше, в 1935 г., в Шанхае построили так называемый "Китайский Бродвей", но эта инновация тогда не получила развития.) В начале центрами высотного строительства в Азии были Китай, Гонконг, Япония, Тайвань и Сингапур.

В 80-90-е годы к этим странам прибавились Южная Корея, Таиланд, Малайзия, Мьянма, Филиппины, Индия. Интерес к высотному строительству в этих странах в последние десятилетия связан с экономическим подъемом и необходимостью в связи с этим заявить о себе, как о современных развитых государствах. Кроме того, существенную роль сыграл острый жилищный кризис и плотная застройка деловых центров. Причём эта застройка, как правило, не представляет какой-либо исторической или архитектурной ценности. Длительное время внешний облик и внутренняя планировка высотных зданий, построенных в странах Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии, определялись влиянием "высотной архитек-

туры" США. Лишь со второй половины 90-х годов, после преодоления Азиатского финансового кризиса, архитектура небоскребов в этом регионе приобрела оригинальность и в ней проявились национальные мотивы. Объясняется это и возросшей экономической мощью государств, и ростом национального самосознания, и тем, что там выросли целые архитектурные школы (прежде всего в Китае и Японии).

В Китае высотное домостроение начало активно развиваться в так называемых "особых экономических зонах", которые были образованы в связи с реформами, проводимыми Дэн Сяопином и его последователями начиная с 80-х годов. За полвека — с 1950 по 2000 г. — в Китае, главным образом в последнее время, построено 38 зданий выше 150 м, из них 20 — в Шанхае. По данным [11] (со ссылкой на китайский источник), в одном лишь Шанхае по состоянию на 2004 г. построено 7,5 тыс. высотных зданий. Эта цифра вызывает сомнения. Видимо, к числу высотных отнесены здания повышенной этажности. Во всяком случае, достоверно известно, что в Шанхае многие магистрали сплошь застроены высотными зданиями.

В 1998 г. было завершено строительство в Шанхае 420-метрового гиганта (88 этажей) "Джин Мао Билдинг" (рис. 16), который вошел в пятерку самых высоких зданий в мире. Что служит показателем уровня высотного домостроения в Китае.

В последнее время китайские строители пришли к выводу о преимуществе стали перед бетоном при возведении высотных зданий [11].

В Гонконге* начали строить небоскрёбы начиная с 1948 г., когда он еще был британской колонией. Всего до 2000 г. там построено 35 небоскребов, на 3 меньше, чем во всем остальном Китае. Из них два административных здания входят в десятку наиболее высоких небоскребов в мире: "Сентрал Плаза" (1992 г., 374 м, 78 этажей) и "Бэнк оф Чайна" (1989 г., 368,5 м, 70 этажей). По мнению многих архитекторов, "Бэнк оф Чайна" —

* Гонконг до 1999 г. оставался английской колонией, затем был передан КНР, переименован в Сянган и стал "особой экономической зоной". Однако во всех зарубежных источниках статистические и прочие данные по Гонконгу приводятся отдельно от данных по Китаю. Здесь вынужденно сохранён тот же порядок.



Рис. 16. Шанхай. "Джин Мао Билдинг". 1999 г.

наиболее привлекательное здание среди современных небоскребов [2].

"Сентрал Плаза" выстроен из железобетона (возможно, это самое высокое полностью железобетонное здание в мире), а "Бэнк оф Чайна" — из смешанных конструкций, его фасады представляют собой сплошные стеклянные плоскости.

В Японии за те же 50 лет построено 33 высотных здания (сейсмостойких!), из них 20 — в Токио. Япония приступила к строительству высотных зданий лишь в 1968 г. Ранее там было запрещено возводить здания, превосходящие высотой императорский дворец (31 м). Первое высотное здание — 47-этажная гостиница высотой 170 м — появилась спустя три года после отмены запрета. В Японии сейсмика существенно затрудняла строительство и ограничивала высотность зданий (сейсмические горизонтальные нагрузки для высотных зданий являются основными наряду с ветровыми).

ми). По состоянию на 2004 г. самым высоким зданием в Японии была башня Ландмарк Тауэр, возведённая в 1993 г. в Иокогаме. Это здание многофункционального назначения целиком построено из стальных конструкций. Его высота 296,3 м (70 этажей, из них 52 занято офисами, а 15 — отелем на 600 постояльцев).

Другие азиатские государства уступают Китаю, Японии и Гонконгу как по объемам строительства, так и по высоте возводимых зданий. Исключение составляют Малайзия и Тайвань.

В Куала-Лумпуре, столице Малайзии, в 1988 г. закончены строительством две башни, составляющие

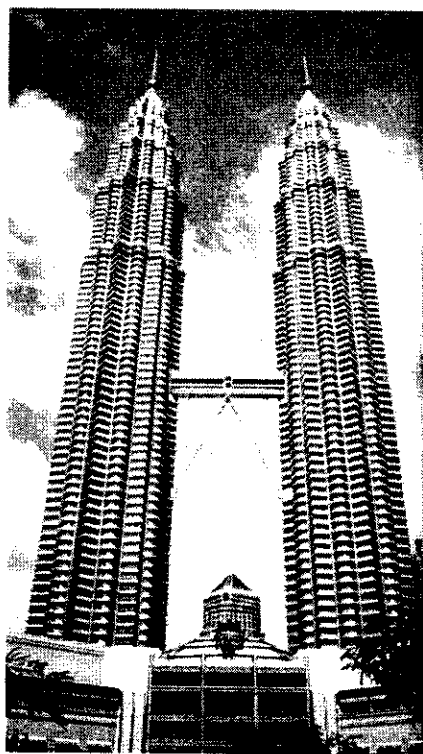


Рис. 17. Куала-Лумпур. "Петронас Твин Тауэрс", 1998 г.

комплекс "Петронас Твин Тауэрс". Их высота 451 м вместе со шпилем. "Петронас Тауэрс" — многофункциональный комплекс, выполненный из стальных и железобетонных конструкций. Весь комплекс занимает площадь 1,82 млн. м². Как и "Джин Мао", "Петронас" доказывает несправедливость бытующего мнения [9], что здания выше 350 м могут быть выполнены только в стальных конструкциях. Крупным успехом, достигнутым при возве-

дении "Петронас Твин Тауэрс", явилось использование в его архитектуре традиционных мотивов малазийского культового и дворцового зодчества. Башни "Петронас Твин Тауэрс" являются национальным символом Малайзии (рис. 17).

Построенный в 2003 г. в Тайбэе (Тайвань) небоскреб "Тайпэй Файнэншл Сентр" имеет высоту 448 м (101 этаж). Он лишь на 3 м ниже "Петронас Тауэрс". Помимо него на Тайване возведено еще семь высотных зданий, в том числе одно высотой 348 м (85 этажей).

В начале 2005 г. завершилось строительство очередного самого высокого здания в мире — "Тайпэй Билдинг". Высота его составляет 508 м (111 этажей).

В нижней части здания располагается торговый центр, все остальные этажи заняты офисами, за исключением верхнего, где располагается обсерватория. Конструктивная схема — "труба в трубе". В скальное основание заглублены 550 железобетонных свай. Вертикальные нагрузки воспринимают 8 металлических опор диаметром 2,5–3 м, заполненные сверхпрочным бетоном. Они поднимаются на всю высоту башни. Их дополняют две концентрически расположенные жесткие оболочечки, образованные наружными стенами и стенами коммуникационной шахты, которые воспринимают ветровые и сейсмические нагрузки. Использованы сверхпрочные железобетон и сталь (в нижней и верхней части здания соответственно), а также сверхпрочные композитные материалы.

По проекту предусмотрено применение специального демпфирующего устройства для гашения колебаний под действием сейсмических и ветровых нагрузок в виде стального шара весом 800 т, подвешенного на уровне 90-го этажа (Тайбэй расположен в зоне сейсмике и тайфунов со скоростью ветра до 600 км/ч) (рис. 18).

Строительство высотных зданий в Таиланде, Мьянме, Южной Корее, на Ближнем Востоке в Арабских Эмиратах началось значительно позже и не стало таким масштабным, как в странах-лидерах. Характерно, что самые высокие из построенных там зданий являются отелями. Экзотичная архитектура, основанная на национальных традициях, призвана привлекать туристов. К их числу относятся: "Байоке Тауэр" (Бангкок, Таиланд), построенный в 1997 г. и имеющий



Рис. 18. Тайбэй. "Тайпэй Билдинг", 2005 г.

высоту 320 м (90 этажей), "Рангун Отель" (Рангун, Мьянма, 1995 г., высота 300 м, 105 этажей); "Бурдж аль Араб" (Дубай, Арабские Эмираты, 1998 г., высота 321 м, 60 этажей). В Бангкоке и Рангуне здания из железобетона, а в Дубае — из железобетона в сочетании со сталью. Другие отели, как, например, "Чикаго Бич" в Дубае, построены в традициях американского современного постмодернизма.

Фирма "Ладмарк", владеющая самым высоким в Японии зданием, планирует возведение еще двух гигантских небоскребов: в Пусане (Южная Корея) и Гонконге. Предполагается, что первый будет высотой 462 м и войдет в число самых высоких зданий в мире, а второй, высотой 574 м, превзойдет "Тайпэй Билдинг" и станет высочайшим небоскребом на Земле.

Из всего, сказанного, следует, что в последние годы ведущая роль в строительстве высотных зданий постепенно переходит от США к странам Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии [6].

Заключение

В настоящее время имеются сведения о нескольких тысячах построенных во всем мире высотных зданиях. К 2000 г. было построено 25 зданий выше 300 м. Еще 9 находились в стадии строительства [1].

Основная тенденция состоит в повышении этажности. Рассматриваются проекты зданий высотой до 1200 м. В табл.3 приведены 24 наиболее высоких в мире зданий (выше 300 м) по состоянию на 2005 г.

Предельная высота возводимых зданий определяется прочностными показателями конструкционных материалов, основными из которых являются сверхпрочная сталь (в том числе титановые сплавы) и особо прочный железобетон, а также композитные материалы

Дополнительное преимущество титана и титановых сплавов состоит в том, что коэффициент температурного расширения у них тот же, что и у стекла. Это позволяет эффективно применять их в конструкции фасадов.

Существенное значение имеют и другие новейшие материалы такие,

как сверхпрочное борокерамическое стекло, супергидрофобное самоочищающееся стекло, утеплитель из вспученной металлической крошки, легкие фасадные навесные панели из алюминия и титановых сплавов; жаропрочные покрытия металлических конструкций; новые технологии отделки (такие, как анодирование и нанесение эмали на большие металлические поверхности и т.д.).

Инженерное оборудование высотных зданий также сильно отличается от применяемого в обычных условиях. От него требуется большая мощность, надежность и долговечность. Оно включает системы, которые отсутствуют в обычных зданиях. Например, автоматическое оборудование для очистки и мытья окон со стороны фасада, демпфирующее устройство для компенсации колебаний здания под действием ветра и т.д. Поскольку высотные здания всегда относятся к высшему классу, их оборудуют всеми современными электрическими и электронными системами охраны, связи, информации, бытовой автоматики и пр. В инженерном оборудовании современных высотных зданий находят применение новейшие материалы, устройства и агрегаты. Для освещения и инсоляции такие, как светодиоды, отражатели солнечного света, светоотражающие покрытия стёкол на соседних зданиях. В зданиях большой высоты обязательно присутствуют дублирующие источники электро- и теплоснабжения, нередко использующие ветровую или солнечную энергию.

Наконец, высотное здание требует принципиально иного подхода к обеспечению безопасности (трагедия 2001 г. в Нью-Йорке еще раз подтвердила это). Сюда входит весь комплекс мер безопасности, начиная с пожарной сигнализации и пожаротушения и кончая мерами по обеспечению эвакуации в чрезвычайной ситуации.

Таким образом, проектирование и строительство высотных и супервысотных зданий представляет собой качественно новый уровень строительного дела.

В Иллинойском технологическом институте (США) готовят специалистов по высотному строительству по специальности "архитектор-инженер". Им читают полный курс лекций как об архитектуре высотных зданий, так и об их конструкциях, включая методы расчета и конструирования. Такой подход следует признать заслуживающим внимания [12].

Таблица 3

№	Название	Высота, м.	Год постройки
1	Тайпэй Билдинг (Тайбэй, Тайвань)	508	2005
2	Петронас Твин Тауэрс (Куала-Лумпур, Малайзия)	451,4	1998
3	Тайпэй Файнэншнл Сентер (Тайбэй, Тайвань)	448	2003
4	Сирс Тауэр (Чикаго, США)	442	1974
5	Второй Международный Финансовый Центр (Гонконг)	420	1992
6	Джин Мао (Шанхай, КНР)	420	1999
7	Эмпайр Стейт Билдинг (Нью-Йорк, США)	381,3	1931
8	Сентрал Плаза (Гонконг)	374	1992
9	Чайна Бэнк Тауэр (Гонконг)	369	1989
10	Ти энд Си Тауэр (Каошиунг, Тайвань)	348	1997
11	Амоко Билдинг (Чикаго, США)	346	1973
12	Джон Хэнкок Сентр (Чикаго, США)	344	1969
13	Шун Хинг Скуэр (Ченцзян, КНР)	325	1996
14	Сити Плаза (Гуанчжоу, КНР)	322	1997
15	Бурж-аль-Араб (Дубай, ОАЭ)	321	1997
16	Чикаго Бич Тауэр Хотэл (Дубай, ОАЭ)	321	1998
17	Байоке Тауэр II (Бангкок, Таиланд)	320	1997
18	Крайслер Билдинг (Нью-Йорк, США)	319	1930
19	Нейшнз Бэнк Плаза (Атланта, США)	312	1993
20	Лайбрари Тауэр (Лос-Анджелес, США)	310	1990
21	Эй-Ти энд Ти Корпорэйт Сентр (Чикаго, США)	307	1989
22	Тексас Коммерц Тауэр (Хьюстон, США)	305	1982
23	Ту Пруденшнл Плаза (Чикаго, США)	303	1990
24	Пхеньян Хотэл (Пхеньян, КНДР)	300	1995

Высотное строительство во всём мире ведут не более десятка специализированных фирм. Причём одна из них была основана в 1890 г, а две другие — в 1913 г. Они располагают огромным опытом.

Методы расчета пока остаются прежними в своей основе. Нерешенной и весьма острой проблемой является определение величины и распределения ветровых нагрузок по поверхности здания в зависимости от его высоты, конфигурации, окружения. Точных аналитических методов для этого пока не существует и приходится прибегать к испытаниям (продувке) моделей возводимых зданий в аэродинамической трубе [11]. Наибольшие успехи в проведении такого рода испытаний достигнуты в ФРГ. Существенный вклад в изучение данной проблемы дают исследования поведения уже построенных высотных зданий под воздействием ветровых нагрузок.

В настоящее время сформировались три основных концепции в высотном строительстве: американская, европейская и азиатская. Разумеется, такое деление в значительной степени условно.

В основе американской концепции лежит коммерческий подход и прочные традиции рационализма. Строительство высотных офисов ведут, как правило, в деловых центрах городов. Основные параметры здания проектировщики назначают, с одной стороны, с учётом требований муниципальных органов, а с другой — руководствуясь пожеланиями заказчиков. Застраиваются высотными зданиями, как правило, целые кварталы ("блоки") [12]. Наряду с офисными зданиями в последние годы интенсивно строят жилые здания и многофункциональные здания с жилыми апартаментами. Возводят как отдельно стоящие небоскребы, так и высотные комплексы (по локальным проектам, между собой не связанным).

Наиболее предпочтительным материалом остается сталь. До 1960 г. в США она использовалась в 100% случаев, сейчас — в 70% [9]. Американские строители продолжают препятствовать экспансии железобетона, считая, что сталь значительно лучше, нежели железобетон, противостоит ударным воздействиям. В то же время в связи с переходом на новые методы защиты стали, железобетон по-

терял преимущество в огнестойкости. Наконец, превосходство стальных конструкций состоит в их высокой технологичности в изготовлении и монтаже (экономия времени на стройплощадке до 20%), не говоря уже о меньшем весе. Последнее обстоятельство имеет особое значение для высотного строительства, поскольку позволяет существенно сократить вертикальные нагрузки [11].

Применяются, как правило, наиболее экономичные каркасно-ствольная и оболочечная конструктивные системы. В США преобладает сдержанный и лаконичный архитектурный стиль, основанный на принципах рационализма, широко распространены постмодернизм и "интернациональный" стиль.

Американский концептуальный подход определяет сегодняшний день и перспективу высотного строительства не только в США, но и в Канаде, Австралии, а также во многих случаях в Европе, Азии и Латинской Америке — что не удивительно: именно США обладает наибольшим опытом в данной сфере. 50 наиболее высоких зданий (из 150) находятся в США, далее следует Канада.

Европейская концепция высотного строительства в большей степени, нежели американская, учитывает градостроительные факторы. Здесь высотное строительство ведут, в основном, на периферии городов, вдали от исторических центров. К сожалению, в последние десятилетия в Лондоне, Париже и некоторых других городах этот принцип неоднократно нарушался.

Характерно для Западной Европы и повышенное внимание к проблемам психологического комфорта и строительной гигиены. Поставлена задача компенсировать тем, кто живет или работает в высотных зданиях, их оторванность от природы (в соответствии с традициями "Баухауза"). В последние годы разработана концепция "Приемлемого (с точки зрения экологии городской и природной среды, психологического комфорта и строительной гигиены) высотного здания". Под влиянием европейских архитекторов их малайзийский коллега Кем Янг сформулировал концепцию "Зелёного дома".

В недавнем прошлом — примерно до конца 90-х годов — в Западной Европе жилые дома составляли значительную часть строящихся высотных зданий. Но в последние годы их возведение в Англии, Франции, Гер-

мании и Скандинавских странах пре-
кращено по медицинским и гигиени-
ческим соображениям. В остальных
странах Европы и всего мира оно про-
должается (по данным [2]).

Высота европейских небоскребов
не превышает 300 м. Объясняется это
стремлением европейских архитекто-
ров избежать, по возможности, резко-
го контраста высотной застройки с
окружающей архитектурной или при-
родной средой, а также градострои-
тельными и экономическими сообра-
жениями. Отказываясь участвовать в
"гонке по вертикали", европейские
архитекторы сосредотачивают внима-
ние на удобстве внутренней плани-
ровки, выразительности внешнего
облика здания, упомянутой связи с
природой. Европейское "высотное
зодчество" отличается разнообра-
зием форм и стилей, архитектурно-пла-
нировочных и инженерных решений.

Возводятся отдельные высотные
здания, группы зданий и целые райо-
ны высотной застройки — Дефанс в
Париже или новый район во Франк-
фурте-на-Майне.

Излюбленным материалом несущих
и ненесущих конструкций (особенно
в жилых зданиях) является железобетон
или железобетон в сочетании с металлом.
В 80–90% случаев применяется железобетон
либо смешанные конструкции. Объясняется
это умеренной высотой европейских
небоскребов и экономическими сообра-
жениями.

Азиатская концепция высотного
строительства основана, с одной сто-
роны, на заимствовании американско-
го (по преимуществу) и европейско-
го опыта, с другой стороны, на уче-
те местной специфики. Стремление
к высотности диктуется не только ком-
мерческими и рекламными соображе-
ниями заказчиков, но и приоритета-
ми национального престижа. Из 100
наиболее высоких в мире зданий 24
построены в азиатских странах Тихо-
океанского бассейна, причем 3 из них
относятся к самым высоким в мире.

В то время как в США и Европе
возведение небоскребов находится
под контролем муниципальных орга-
нов, в Китае, Тайване, Южной Корее,
КНДР, Малайзии, Вьетнаме оно рас-
сматривается как государственное
дело, непосредственно затрагиваю-
щее национальные интересы. Возво-
димые здесь в последнее время не-
боскребы поражают не только своей
высотой, но и архитектурой, в которой
четко прослеживаются национальные
мотивы.

Как при строительстве супервы-
сотных административных зданий (в
том числе и рекордной высоты), так и
в менее высоких жилых и многофунк-
циональных зданиях с жилыми апар-
таментами широко применяется же-
лезобетон. Из 24 высочайших в мире
зданий, построенных в Азии, лишь в
4 применены стальные конструкции,
а в остальных — железобетонные и
смешанные [3]. В то же время в Син-
гапуре и Сеуле преобладает чисто
американский подход к высотному
строительству, включая вопрос о
предпочитаемых материалах — здесь
используют сталь.

Азиатские страны становятся ли-
дерами высотного строительства, в
том числе сейсмостойкого.

Общие тенденции в современном
высотном строительстве состоят в
следующем:

- увеличении высотности;
- увеличении объемов высотного
строительства;
- повышении жесткости и снижении
массы зданий;
- появлении нового типа многосек-
ционного жилого высотного здания,
предназначенного для строительства
в составе группы зданий;
- появлении нового типа многофунк-
ционального высотного здания,
включающего как производственные
(торговые и офисные) помещения, так
и жилые апартаменты, предназначен-
ные (в том числе) для занятого на
этом производстве персонала, а также
полный комплекс обслуживания;
- переходе от возведения отдель-
ных высотных зданий к строительству
высотных комплексов и высотной за-
стройке целых кварталов и районов;
- переходе от преимущественного
возведения зданий административно-
функциональных зданий (это во мно-
гом связано с "проблемой ночного
времени", когда кварталы, застроен-
ные офисными высотными домами,
пустуют и становятся приютом для кри-
минальных элементов и бездомных);
- прекращении строительства вы-
сотных жилых домов в развитых стра-
нах Европы на протяжении последних
лет по гигиеническим соображениям.
В то же время в других странах на-
блюдается бум в строительстве вы-
сотных жилых и многофункциональ-
ного назначения зданий. На данный
момент из 150 наиболее высоких в
мире зданий на долю жилых (без уче-
та многофункциональных зданий с
жилыми апартаментами) приходится
около 30 [9];

большинство жилых высотных
зданий имеют высоту менее 100 м
(максимум 150), и этот показатель не
изменяется со временем;

сложился ставший традицион-
ным функциональный состав жилого,
офисного или многофункционально-
го дома:

в подземных этажах — парков-
ка, возможно, гараж и узлы техничес-
кого обслуживания здания, службы
сервиса;

на первом этаже — вход в зда-
ние и вестибюль, ресторан, магазин,
службы сервиса; иногда танцеваль-
ный зал, боулинг, кинотеатр или те-
атр, спортивные залы и бассейн;

на типовых этажах размещают-
ся офисы и/или жилые апартаменты;
на верхнем этаже (при большой вы-
соте) — радиостанция или телесту-
дия, обсерватория, либо спортивные
помещения (раздевалки), иногда
пентхауз; на крыше — возможно,
пентхауз; смотровая площадка, ра-
дио- или телеантенна, иногда ресто-
ран или кафе, солярий, бассейн;

постоянно увеличивается приме-
нение железобетона в чистом виде и
в комбинации со сталью. Основные
области применения железобетонных
конструкций: перекрытия, стены лиф-
товых шахт, наружные и внутренние
стены, фундаменты. Согласно [9],
процент применения железобетона
зависит от назначения здания и его
этажности (см. табл. 1). Объемы при-
менения железобетонных и стальных
конструкций в жилых высотных зда-
ниях и в наиболее высоких зданиях
любого назначения согласно [2] и [3]
приведены в табл. 2. Распространен-
ная точка зрения состоит в том, что
"сталь лучше, но бетон дешевле";

увеличивается объем примене-
ния сборного железобетона (пока в
ограниченном объеме). Уже постро-
ен первый высотный дом из сборного
железобетона (34 этажа);

увеличивается объем примене-
ния легкого бетона. Уже построен
первый высотный дом из легкого
бетона;

сокращается объем применения
рамного каркаса с диафрагмами же-
сткости и связевого каркаса в соста-
ве каркасно-ствольной конструктив-
ной системы. Последняя все еще ос-
тается наиболее распространенной.
С применением этой системы возве-
дено на сегодняшний день около 33%
всех зданий со стальным каркасом и
около 45% — с железобетонным. На
втором месте пока коробчато-стволь-
ная система, применяемая, главным

образом, в железобетонных зданиях. Увеличивается объем применения коробчатой системы. В двух последних случаях пролет перекрытий достигает 16 м без промежуточных опор; оптимальным вариантом конструкции фундамента в общем случае признана плитно-свайная;

при значениях гибкости здания (отношения высоты к меньшему размеру в плане) более 8 применяются демпфирующие устройства, чтобы гасить колебания, вызванные ветровыми воздействиями.

Список литературы

1. Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м. — М.: ГУП "НИАЦ", 2002.

2. High-Rise Manual (Typology and Design, Construction and Technology)/Под. ред. Иоханна Эйзала и Элен Крофт. — Базель-Бостон: Изд-во "Бюрокхаузер".

3. 100 of the World Tallest Buildings. — Изд-во "Имэйдж Паблшинг", 1998.

4. Зигфрид Гидион. Пространство, время, архитектура. — М.: Стройиздат, 1974.

5. Рафайнер Ф. Высотные здания. Объемно-планировочные и конструктивные решения. — М.: Стройиздат, 1982.

6. Граник Ю.Г., Магай А.А. Архитектурно-конструктивные особенности высотных зданий за рубежом/Информ. сборник "Уникальные и специальные технологии в строительстве", № 1. — М.: Архитектурно-строительный центр "Дом на Брестской", 2004.

7. Горин С.С. Вершины сталинской эпохи в архитектуре Москвы/Информ. сборник. "Уникальные и специальные технологии в строительстве", № 1. — М.: Архитектурно-строительный центр "Дом на Брестской", 2004.

8. Горин С.С. Жилые небоскребы в Москве: прошлое, настоящее и будущее. Проблемы, задачи, решения/Информ. сборник. "Уникальные и специальные технологии в строительстве", № 1. — М.: Архитектурно-строительный центр "Дом на Брестской", 2004.

9. Горин С.С., Кривицкий В.Г. Высотный мир мегаполисов// "Строительство и бизнес", 2004, №№ 3, 4.

10. Попкова О.М. Конструкции высотных зданий (обзор). — Серия "Зарубежный опыт строительства". — М.: ЦНИИС Госстроя СССР, 1973.

11. Павлов А.Б., Тарнацкий В.А., Остроумов Б.В. Некоторые аспекты проектирования высотных зданий (по итогам международного симпозиума)// "Промышленное и гражданское строительство", 2004, № 11.

12. Николаев С.В. Поездка в США // "Жилищное строительство", 2004, № 9.

ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ

О.Б.ДЕМИН, профессор, заслуженный строитель РФ, Е.В.АЛЕНИЧЕВА, кандидат педагогических наук, И.В.ГИЯСОВА, кандидат экономических наук (Тамбовский ГТУ)

Обоснование экономической эффективности стеновых ограждающих конструкций

Эффективность инвестиций в строительство определяется рядом показателей: уровнем социально-экономического развития региона, инвестиционной активностью, развитием региональной материально-технической базы. Однако зачастую затраты на строительство определяются еще на стадии проектирования, несмотря на то, что экономическая эффективность принятых конструктивных решений на этой стадии чаще всего не обосновывается

Рассмотрены с экономической точки зрения применяемые и возможные к применению в малоэтажном строительстве конструктивные решения стен. Предварительно был выполнен теплотехнический расчет различных вариантов данных конструктивных решений с целью обеспечения требований по соблюдению нормативного сопротивления теплопередаче применительно к Тамбовской области (2,93 м²·°С/Вт). Выполнены стоимостные расчеты с использованием программы АРОС (ав-

томатизированный расчет объектов строительства) в базе ТЕР 2001 для Тамбовской области. В результате расчетов получены данные, позволяющие дать рекомендации по применению стен различного типа с учетом их экономической эффективности, а именно: стоимостных затрат, показателей трудозатрат и материалоемкости 1 м² поверхности.

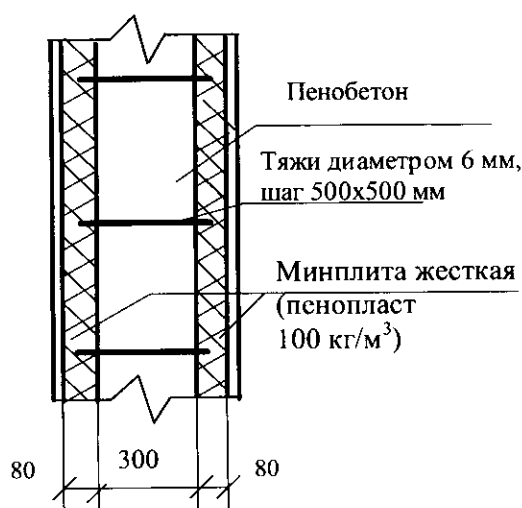
Анализ различных вариантов конструктивных решений стен выполнен по следующим параметрам: стоимость 1 м², материалоемкость (сто-

Таблица 1

№ п/п	Конструктивное решение стены	Сметная стоимость, руб.	Прямые затраты, руб.	Себестоимость, руб.	Стоимость материалов, руб.
1	Колодцевая кладка с утеплителем из пенобетона	357,25	305,29	337,14	261,09
2	То же, с утеплителем из минераловатных плит	361,76	293,29	334,24	239,19
3	Кирпич силикатный с утеплителем из минераловатных плит	384,71	310,79	356,02	253,26
4	Пенобетон с облицовкой кирпичом	387,1	340,81	369,67	296,27
5	Пенобетон	399,82	344,69	379,57	291,23
6	Деревянная с утеплителем из минераловатных плит	431	356,7	405,14	302,95
7	Керамзитобетон	477,3	411,38	452,92	352,79
8	Газосиликатные блоки	506,78	440,52	481,01	381,24
9	Кирпич силикатный с утеплителем из пенопласта	511,98	430,07	480,02	368,15
10	Пенобетон с пенопластом	343,87	335,42	340,57	317,15
11	Пенобетон с жесткими минераловатными плитами	445,48	437,03	442,18	418,76

Таблица 2

№ варианта	Стоимость материалов, % от общей стоимости	Соотношение стоимостей работы и материалов	Затраты труда			Выработка
			рабочих	машин	всего	
1	73,1	1:5,9	3,31	0,23	3,54	100,92
2	66,1	1:4,4	4,37	0,25	4,62	78,3
3	65,8	1:4,4	5,07	0,23	5,3	72,59
4	76,5	1:6,7	3,42	0,26	3,68	105,19
5	72,8	1:5,5	4,19	0,34	4,53	88,26
6	70,3	1:5,6	5,74	0,14	5,88	73,3
7	73,9	1:6	5,12	0,32	5,44	87,74
8	75,2	1:6,4	4,37	0,39	4,76	106,47
9	71,9	1:6	5,57	0,26	5,83	87,82
10	92,2	1:17,3	0,38	0,24	0,62	554,6
11	94	1:22,9	0,38	0,24	0,62	718,52



Стена из пенобетона с жесткими минераловатными плитами или с пенопластом

имость материалов, необходимых для возведения 1 м² стен), трудоемкость работ и выработка (в стоимостном выражении). Сравнение по статьям затрат на 1 м² стен в базовых ценах 2001 г. приведено в табл. 1. Материалоемкость выполненных работ, трудоемкость и выработка приведены в табл. 2.

В результате анализа ряда стоимостных показателей получены следующие данные. Наиболее экономичными в ряду стен традиционных конструктивных решений являются: стена колодцевой кладки с утеплителем из пенобетона, стена колодцевой кладки с утеплителем из минераловатных плит, из кирпича силикатного с утеплителем из минераловатных

плит, из пенобетона с облицовкой кирпичом (№ 1—4).

В показателе трудоемкости работ наиболее существенной является доля ручного труда; доля механизированного невелика и соизмерима по всем вариантам конструктивных решений. В этой связи допустимо вести оценку различных вариантов стен лишь по составляющей ручного труда. По этому показателю наименее трудоемкими являются стена колодцевой кладки с утеплителем из пенобетона и стена из пенобетона с облицовкой кирпичом (№ 1 и № 4).

Кроме того, материалоемкость стен различного типа анализировалась по таким показателям, как стоимость материалов в % от общей сто-

имости, соотношение стоимостей работы и материалов, выработка в руб./чел.-ч. (см. табл.2). Среди традиционных конструктивных решений максимальная выработка у стен колодцевой кладки с утеплителем из пенобетона, из пенобетона с облицовкой кирпичом, из газосиликатных блоков (№№ 1, 4, 8).

Если принять во внимание все рассмотренные показатели, характеризующие экономическую эффективность стеновых ограждающих конструкций, то оптимальным в ряду традиционно применяемых можно считать вариант № 1 — стена колодцевой кладки с утеплителем из пенобетона.

Авторы считают, что возможно применение других конструктивных решений, которые могут повысить экономичность стеновых ограждающих конструкций. Предлагаются как возможные варианты исполнения стен в малоэтажном строительстве, приведенные в табл. 1 под №№ 10 и 11 стены из пенобетона с пенопластом и из пенобетона с жесткими минераловатными плитами (рисунок). В качестве опалубки используются жесткие минераловатные плиты или пенопласт, которые раскрепляются между собой в более жесткую и устойчивую конструкцию тяжами диаметром 6 мм с шагом 500х500 мм. Конструкция послойно заливается пенобетоном, наружная и внутренняя поверхность стены оштукатуривается по сетке. Оценочные показатели (стоимостные, трудоемкость, выработка) имеют лучшие значения, чем у экономически обоснованной как лучший вариант стены колодцевой кладки с утеплителем из пенобетона. Например, показатели стоимости 1 м², себестоимости, стоимости материалов стены из пенобетона с пенопластом соизмеримы с аналогичными показателями стены колодцевой кладки с утеплителем из пенобетона. Трудоемкость ручного труда значительно ниже (0,38 чел.-ч), выработка соответственно выше (554,6 руб./чел.-ч).

Предлагаемые конструктивные решения стен для малоэтажного жилищного строительства требуют, конечно, более тщательного обоснования и практической апробации, но их некоторые преимущества в экономичности по сравнению с традиционными стеновыми исполнениями убеждают в необходимости дальнейших исследований предлагаемых конструкций.

А.И.ПЕРИЧ, инженер-строитель (Москва)

Какой выбрать дом для себя

Существенно сократить дефицит жилья можно только при увеличении объемов индивидуального жилищного строительства, доступного по цене широким слоям населения. Такой принцип строительства жилья принят в развитых капиталистических странах.

Сегодня дачное и коттеджное строительство во многих регионах страны приобрело такую массовость, особенно в Подмосковье, что стало значительно влиять на окружающий ландшафт и среду обитания. Однако следует отметить, что большинство индивидуальных жилых домов (коттеджей) возводится по примитивным эскизам, т.е. фактически без проектной документации. Данные факты имеют место во многих регионах страны, и результаты такого строительства, как правило, оказываются весьма плачевны.

Строительство собственного дома нужно начать с ознакомления с многочисленными каталогами проектов различных индивидуальных домов. Собранные в них рекомендации содержат сведения, необходимые индивидуальным застройщикам, решившим строить дом собственными силами, либо с привлечением бригад строителей-профессионалов. В каталогах представлены материалы, отражающие особенности размещения дома на выбранном участке, характер природно-климатических условий, конструктивные решения фундаментов, облегченных кирпичных стен, перегородок, перекрытий, крыш и т.п.

Стоимость комплекта рабочих чертежей обойдется застройщику относительно недорого — в пределах 1% от общей стоимости строительства дома. Приобретая или заказывая проект, вы должны знать, что в полном объеме он должен состоять из следующих частей: архитектурно-строительная (АС), отопление и вентиляция (ОВ), электрооборудование (ЭО), смета.

Наличие проекта именно в полном объеме позволяет избежать лишних затрат, осуществлять контроль за качеством строительства, а смета — заранее рассчитать финансовые потребности и, при необходимости, ве-

дение работ поэтапно. Например, первый этап — фундамент и заготовка основных строительных материалов стен, второй — возведение дома под кровлю с заполнением оконных и дверных проемов, третий — внутренние коммуникации и отделка, четвертый — наружные коммуникации, подключение к ним и благоустройство территории. Кроме того, в смете обязательно приводятся объемы выполняемых работ, что позволяет самостоятельно заранее заготовить основные и дорогостоящие материалы, экономя на накладных расходах и прибыли фирм подрядчика.

Очень ответственный момент, от которого будет зависеть комфортность проживания в течение всего срока эксплуатации дома, — привязка проекта к застраиваемой территории. Как часто, проявив поспешность на первом этапе и недостаточность обдумывания ситуации, не учтя возможности дальнейшего расширения дома или необходимости тех или иных более поздних пристроек, люди потом горько сожалеют об этом, но не в силах что-либо исправить. Дом следует ориентировать таким образом, чтобы фасад с окнами спальни и гостиной выходил на южную, солнечную сторону. Фасад, обращенный к северу, должен иметь минимальное число окон и дверей. Желательно, чтобы с этой стороны дом был защищен от ветров зелеными насаждениями. Встроенный или пристроенный гараж, котельная должны размещаться так, чтобы проезд к ним с основной дороги был наиболее коротким и удобным. Рельеф местности можно использовать не только с эстетических, но и с практических позиций: в частности, природные овраги являются естественной дренажной системой, что нужно учитывать при размещении здания. Ну и конечно же следует заранее определить возможное направ-

ление (и наличие места на земельном участке) дальнейшего расширения дома, сооружения более поздних вспомогательных построек — сараев, бани, беседки, летней кухни и т.д. Обязательно следует обеспечить естественный отвод атмосферных и талых вод от дома, а трубы, удаляющие стоки из здания, должны иметь естественный уклон в сторону магистрального коллектора или автономного отстойника.

Очень важно правильно выбрать конструкцию фундамента. Еще в I веке римский архитектор Марк Витрувий в своих трудах особое внимание обращал на то, что ошибки и упущения, допускаемые при устройстве фундаментов, приводят возводимые сооружения к тяжелым катастрофическим последствиям.

Архитектор Леон Батиста Альберти (XV век) отмечал: «Рой на благо и на счастье, пока не дойдешь до твердого и, если в чем другом допущена ошибка, она менее вредит, легче исправляется и более терпима, нежели в основаниях, где нельзя допустить никакого извинения в ошибке».

Выдающийся итальянский архитектор и строитель А.Палладио в трактате, написанном в 1570 г., придавая особое значение вопросам устройства фундаментов на прочном основании, писал: «Из всех ошибок, происходящих на стройке, наиболее пагубны те, которые касаются фундаментов, так как они влекут за собой гибель всего здания и исправляются только величайшим трудом».

Задачей инженера, проектирующего фундаменты, является нахождение эффективного решения. Это возможно только при правильной оценке инженерно-геологических условий стройплощадки и работы грунтов основания совместно с фундаментами и надземными конструкциями, а также способа устройства фундамента, гарантирующего сохранность природной структуры грунтов основания. Особенно опасны невалифицированные конструктивные решения фундаментов малоэтажных зданий, грозящие авариями ввиду того, что не были учтены геологические условия участка застройки.

Многочисленные примеры показывают, что деформации несущих и ограждающих конструкций домов происходят из-за ошибок, допущенных при устройстве фундаментов на пучинистых грунтах, когда не было учтено морозное пучение глинистых грунтов. Морозное пучение выража-

ется, как правило в неравномерном поднятии слоя промерзшего грунта, причем напряжения, возникающие в грунте при пучении, оказывают существенное воздействие на фундаменты и наземные конструкции здания. Особенно страдают от этого малоэтажные дома с подвалом, стены которого сложены из сборных блоков. Сборные фундаменты, утратившие монолитность, не обеспечивают герметичности стен подвального помещения, вследствие чего в подвалы проникает грунтовая вода.

Как выявила проверка застройки большого числа коттеджных поселков, проектные работы, как правило, выполнялись в этих случаях, без предварительных инженерно-геологических изысканий, без учета специфики грунтов, их свойств и действующих нагрузок как от несущих конструкций дома, так и от действия сил морозного пучения (нормальные и касательные силы). Необходимо знать, что грунты Подмосквы в основном (около 80%) глинистые, т.е. пучинистые. Не имея профессиональных знаний о грунтах и их свойствах, выбрать рациональную и устойчивую конструкцию фундаментов и избежать непредвиденных последствий просто невозможно. Такие факты имеют место во многих регионах страны и в странах СНГ, где застройщики дорого за это расплачиваются.

Строительство на песчаных грунтах исключает подобные последствия, так как пески относятся к несвязным грунтам, фильтрующим влагу. На участках с глинистыми грунтами надежным основанием фундаментов являются песчаные подушки, отсыпаемые с послойным уплотнением. Во всех случаях прежде чем строить собственный дом, нужно знать геологические условия участка застройки, на какой глубине залегают прочные грунты и грунтовые воды. При высоком уровне грунтовых вод предусматривать подвал нецелесообразно. В этом случае фундаменты выполняют неглубокого заложения на песчаной подушке. Они получили в последние годы широкое применение как самые простые, практичные и дешевые. Дом будет долговечен только на прочном фундаменте, выполненном по технологии, соответствующей геологическому строению конкретного участка застройки.

Теперь о стенах дома. Прежде всего необходимо знать, как человек собирается эксплуатировать свой дом. Если он будет в нем постоянно

жить, то дом может быть кирпичным, но по стоимости более дорогим. А вот если дом предназначается для летнего проживания, то кирпич применять не стоит, так как он сильно охлаждается и у него большая тепловая инерционность. Такой дом лучше строить из деревянных конструкций.

Дерево всегда считалось одним из лучших строительных материалов, способным долго сохранять тепло в доме. К тому же это самый экологически чистый природный материал. Будущее массового индивидуального домостроения, в том числе и малоэтажного, безусловно, принадлежит гибким, открытым строительным системам.

Одну из таких систем разработали в начале 90-х В.И.Логвинов, В.Д.Щеколдин и Ю.С.Марушкин (ОО «Интерпозиция» и ВО «Интерагро»), патент № 1753953 от 8.04.92 г. Всего из 30 различных легких изделий можно собрать в считанные часы без краев малоэтажные (до трех этажей) дома любого назначения. Каркас собирается на болтах из унифицированных клеевых элементов сечением 150x150 и 150x125 мм. Перекрытия, стены и перегородки из утепленных щитов на деревянном каркасе или из мелкоштучных изделий из местных материалов. Отделка — на усмотрение заказчика — любая, вплоть до облицовки кирпичем или камнем.

По сравнению с рубленными, деревянные каркасные дома требуют меньше расхода древесины, проще в строительстве и энергоэкономичнее в эксплуатации. При строительстве дома не требуется применения подъемных механизмов, которые необходимы при подъеме бревен или брусьев. Каркас дома состоит из верхней и нижней обвязок, подкосов, ригелей стоек, между которыми устанавливаются блоки оконных и дверных проемов.

В России, в силу традиции, наиболее распространены малоэтажные дома из бруса (бревен), кирпича или комбинированные, где первый этаж имеет кирпичные стены, а второй — из древесины. Повсеместно распространенные за рубежом каркасные дома из древесины с заполнением стен эффективными теплоизоляционными материалами находят и у нас широкое применение. Именно такие конструкции являются в настоящее время наиболее экономичными и перспективными для массового малоэтажного домостроения.

Все же рубленым домам следу-

ет отдавать предпочтение, так как они долговечнее и дешевле, чем дома из пиленого бруса — обработка кругляка обходится дешевле, чем распиловка бруса.

Очень важно определиться с конструкцией стен и площадью дома, имея в виду, что каждый дополнительный квадратный метр заметно увеличивает строительные затраты (иными словами, площадь жилых помещений должна быть оптимальной). Затем выяснить возможность подключения к инженерным сетям (водопровод, электричество, газ, канализация и т.д.), если, конечно же, таковые имеются, или же продумать возможность создания автономных систем непосредственно для своего дома или в кооперации с соседями.

В последнее время, когда строительство домов (как постоянного, так и сезонного проживания) приобрело массовый характер, все больше подрядчиков (солидных фирм и небольших строительных бригад) предлагают свои услуги желающим обзавестись коттеджем или садовым домиком.

И тут появляется соблазн прибегнуть к услугам тех, кто продает свою рабочую силу подешевле. Но чудес не бывает: дешевле стоит менее квалифицированный труд, и потому в «дешевых» стройфирмах чаще всего оказываются люди случайные, имеющие весьма посредственные навыки в строительстве и отделке, не говоря о проектировании.

С другой стороны, в условиях рынка потребитель всегда будет стремиться выбрать исполнителя работ с более низкими ценами, и это вполне естественно. Главное, правильно оценить соотношение «цена—качество» в каждом конкретном случае. А для этого заказчик сам должен быть доволен «ушлым» в строительном деле, чтобы взять на себя функции технического контроля. И не стоит обольщаться по поводу того, что фирма дает гарантию на год или два: дома строятся на десятилетия, а действительно серьезные просчеты могут проявиться гораздо позднее обозначенной «гарантии».

Человек стремится построить свой дом надолго и «для души». Это значит, что архитектурный облик дома, его внутренняя планировка и интерьеры должны находиться в полном согласии с индивидуальными особенностями каждой семьи. Сегодня именно такой подход становится приоритетным при строительстве индивидуальных домов.