

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт

А.А. Руденко, Е.А. Ушакова

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Электронное учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2020

ISBN 978-5-8259-1489-3

УДК 69.032.22

ББК 38.654

Рецензенты:

канд. техн. наук, директор ООО «Экспертный центр Кузнецова»

А.В. Кузнецов;

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство» Тольяттинского государственного университета *Л.М. Борозенец.*

Руденко, А.А. Инновационные технологии возведения высотных зданий : электронное учебно-методическое пособие / А.А. Руденко, Е.А. Ушакова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1489-3.

В учебно-методическом пособии изложены теоретические и практические вопросы по технологии и организации возведения высотных зданий. Представлен учебный и методический материал по технологическим процессам возведения высотных зданий, основным проблемам производства работ, устройству технических систем. Пособие содержит нормативную базу, рекомендации и материал для выполнения практической части работы.

Предназначено для студентов направления подготовки магистров 08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Технология строительного производства», очной формы обучения высшего образования.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2020



Редактор *Е.В. Пилясова*
Корректор *Л.П. Казанская*
Технический редактор *Т.Г. Ищенко*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева*

Дата подписания к использованию 27.01.20.

Объем издания 8,3 Мб

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-10-19.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Оглавление

Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	6
1.1. Общие положения, понятия высотных зданий	6
1.2. Типы и характеристика высотных зданий	9
Глава 2. НОРМАТИВНАЯ БАЗА И ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	13
2.1. Нормативная база высотного строительства	13
2.2. Характеристика высотного строительства	17
Глава 3. ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	23
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА УЧАСТКА ДЛЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ	26
Глава 5. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	28
5.1. Рациональные объемно-пространственные решения	28
5.2. Рациональные планировочные решения	29
Глава 6. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ	33
Глава 7. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	37
Глава 8. НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	41
8.1. Фундаменты	41
8.2. Колонны	42
8.3. Стены высотных зданий	42
8.4. Легкие штукатурные системы и навесные фасады	43
8.5. Междуетажные перекрытия	44
Глава 9. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	46
9.1. Колонны	47
9.2. Стены	48
9.3. Междуетажные перекрытия	50

Глава 10. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ	54
10.1. Противодымная защита при пожаре	56
10.2. Теплоснабжение и отопление	57
10.3. Вентиляция и кондиционирование	59
10.4. Системы автоматизации и диспетчеризации	61
Глава 11. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ	63
Глава 12. МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	68
Глава 13. СТРУКТУРА ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	77
Библиографический список	78
Приложение 1	79
Приложение 2	82
Приложение 3	84
Приложение 4	87
Приложение 5	88
Приложение 6	93

Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

1.1. Общие положения, понятия высотных зданий

Высотные здания – это новые градостроительные функционально-планировочные здания, формируемые по вертикальной оси. Высотные здания появились по причине роста населения городов, недостатка земельных участков для строительства и их повышенной стоимости.

В разных странах, особенно в США, накоплен достаточно большой опыт в области проектирования, строительства и эксплуатации высотных зданий. Одним из первых высотных зданий считается Вулворт-билдинг (Woolworth Building) в Нью-Йорке. Его высота составляет 241 м, этажность достигает 57 этажей, здание возведено в 1913 году. Долгое время самым высоким зданием в мире считался Эмпайр-стейт-билдинг (Empire State Building), имеющий 102 этажа и высоту 381 м, вместе с антенной его высота составляет 448 м. Позже стали появляться более высокие здания, такие как Всемирный торговый центр (World Trade Center) в Нью-Йорке высотой 415–417 м и Сирс Тауэр (Sears Tower) в Чикаго – 442 м. В последние годы строительство высотных зданий стало активно развиваться и на Востоке – в Малайзии, Тайване и Китае.

В 1998 году в Куала-Лумпур были возведены две башни-близнецы – Башни Петронас (Petronas Towers) высотой 452 м, в 2004 году в Тайбэе завершилось строительство здания Международного финансового центра (Taipei 101, более известного как Taipei Financial Center) высотой 448 м и 508 м – со шпилем. Здание Шанхайского всемирного финансового центра (World Financial Center), построенное в 2007 году, имеет 492 м в высоту.

В последние годы высотные здания активно строятся в Москве. Среди них высотные жилые комплексы «Алые паруса», «Федерация» и т. д.

Высотное здание может быть как отдельно стоящим, т. е. развитым в вертикальном направлении и обладающим достаточной гибкостью, так и простирается в горизонтальном направлении или

примыкать к другим высотным зданиям, образуя при этом комплекс зданий. И в том, и в другом случае здания представляют собой обособленные объекты, что не мешает структурообразованию интегральной части городского комплекса, в котором жилье, деловые центры объединяют в системы многоуровневых коммуникаций.

Высотность и степень развития зданий в плане — это достаточно сложный процесс, влекущий за собой выбор объемно-планировочного решения. При этом должно быть учтено достаточно большое количество факторов: пожелания инвестора, особенности градостроительной ситуации, ландшафт участка, характерные точки восприятия объекта проектирования и др.

Высотные здания относят к числу достаточно сложных объектов строительства. Основные рекомендации по проектированию таких зданий принимаются и согласовываются международными общественными организациями инженеров и архитекторов — IABCE, ASCE и CIB — на симпозиумах. Сооружения, высота которых до 30 м, относятся к зданиям повышенной этажности; здания высотой до 50, 75 и 100 м относятся к I, II и III категориям многоэтажных зданий, свыше 100 м — к высотным.

Внутри группы высотных зданий прибегают к дополнительной рубрикации с градацией высоты в 100 м. Для классификации небоскребов был принят критерий высоты в метрах, поскольку можно принимать различную высоту и этажность здания в зависимости от назначения здания и требований национальных норм проектирования.

Ограничения классификации, принятые CIB, не являются жесткими и в различных странах могут быть приняты в соответствии со сложившимися традициями проектирования и их нормами. В Москве при многоэтажном массовом жилищном строительстве нормы проектирования высоты зданий составляли до 75 м, поэтому сформировалась тенденция отнесения зданий свыше 75 м к высотным.

Высотные здания существенно отличаются от традиционных домов повышенной этажности и многоэтажных зданий. К числу основных особенностей высотных зданий относят:

- значительные величины статических и динамических нагрузок, действующих на несущие конструкции и на основания;
- высокие либо критические значения горизонтальных нагрузок;

- проблемы, связанные с неравномерностью как величин нагрузок, так и характера их приложения;
- подбор материалов и конструкций, позволяющий исключить раздельную работу элементов конструкций и обеспечить однородность физико-механических характеристик;
- повышенное воздействие природных (воздушных потоков, сейсмичности, температуры и т. д.) и техногенных (вибраций, аварий, пожаров, локальных разрушений) факторов на безопасность строительного производства и эксплуатации;
- сложные технологические решения внутренних инженерных систем и коммуникаций, сопровождающих создание дополнительных инженерных узлов для высотных зданий;
- повышенные требования по вопросам обеспечения комплексной безопасности, включая пожарную безопасность, предполагающие использование технических решений качественного уровня, влияющие на выбор объемно-планировочных и конструктивных решений.

Все перечисленные особенности требуется учитывать при выборе конструктивной схемы высотного здания и проектировании несущих конструкций.

В России со времен СССР принято считать, что высотные здания – это здания высотой более 75 м или более 25 этажей. В других странах под термином «высотное здание» обычно понимают здание высотой от 35 до 100 м, здания выше 100 м (в США и Европе – выше 150 м) считаются небоскребами. Однако специалисты по высотным зданиям и городской среде полагают, что четкого определения понятия «высотное здание» нет, хотя в общих случаях таковым можно считать здание от 14 этажей или высотой около 50 м.

Высотным считают здание, высота которого превышает регламенты СП для жилых многоквартирных, а также многоэтажных общественных и многофункциональных зданий, проектирование которого осуществляется в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса, СП и другими нормативными документами на основе Специальных ТУ на проектирование.

Здание высотой, как правило, более 25 этажей называется высотным.

Высотный комплекс — группа зданий, в числе которых есть высотные здания, объединенные между собой общим архитектурно-планировочным и архитектурно-художественным решением.

Зимний сад — отапливаемое помещение, имеющее преимущественно естественное освещение и приспособленное для выращивания растений.

1.2. Типы и характеристика высотных зданий

Высотные здания разделяют на два основных типа:

- 1) многофункциональные;
- 2) специализированные.

В практике строительства наиболее распространены следующие высотные специализированные здания:

- *жилые здания*, включающие квартиры для постоянного и временно-го проживания (апартаменты квартир-ного типа). К ним можно отнести такие объекты, как «Эдельвейс», «Триумф-Палас» в Москве, здание на Котельнической набережной в Москве, «Марина-Сити» в Чикаго, «Башня Веласка» [Velaska tower] в Милане и другие;
- *гостиничные здания*, включающие жилые номера разного уровня комфорта. К ним можно отнести гостиницу «Космос», гостиницу «Ленинградская», гостиничный комплекс «Измайлово» в Москве, «Хесперия Отель» [Hotel Hesperia] в Барселоне, гостиницу «Бурдж-эль-Араб» в Дубае и другие;
- *административные здания*, включающие административные помещения, в том числе офисы. К ним можно отнести такие объекты, как здание НИИ «Дельта» в Москве, «Коммерцбанк» в Германии, здание фирмы «БМВ Хэдвотерс» в Мюнхене, здание «Крайслер-билдинг» в Нью-Йорке и другие.

Кроме рассмотренных распространенных типов специализированных высотных зданий существуют и другие их разновидности, например: *учебные* — Главное здание МГУ на Воробьевых горах и здание МГСУ в Москве; *медицинские* — здание Всероссийского онкологического научного центра РАМН в Москве; *библиотечные* — здание Национальной библиотеки Беларуси в Минске и другие.

Высотные многофункциональные здания могут включать все помещения, проектируемые в специализированных зданиях. Их примерами могут служить большинство из возводимых в Москве: башня «Россия», башня «Федерация» и др.

Возникает необходимость выявления четких критериев деления зданий на указанные типы. Следует определить, как должно учитываться соотношение помещений различного функционального назначения, размещаемых в них. Методика решения данной задачи может быть следующей:

1. Прежде всего, необходимо отличать основные помещения здания, которые находятся в высотной части, и встроенно-пристроенные помещения, находящиеся в стилобате. Если же здание не имеет стилобата, то в его первых этажах.

2. Встроенные или пристроенные помещения, как правило, предназначены для размещения второстепенных функциональных элементов, к которым можно отнести предприятия торговли, обслуживания и культурно-зрелищные учреждения. Их включение в здание обусловлено градостроительными требованиями создания инфраструктуры обслуживания для прилегающих общественных пешеходных пространств, что также во многих случаях позволяет эффективно использовать первые этажи. Данные помещения имеют самостоятельные входы непосредственно с улицы, но могут быть и связаны с вестибюлями высотной части здания. Если они занимают несколько этажей, то в соответствии с нормативными требованиями для них должны быть предусмотрены собственные лестничные клетки, а при необходимости – лифты.

При определении типа здания следует рассматривать только высотную часть с основными помещениями. Если в них предполагается размещение двух и более функционально-образующих элементов (например, жилища и гостиницы), здание следует считать многофункциональным. Если же все они предназначены для одного функционально-образующего элемента (например, только жилища или только гостиница), то здание следует считать специализированным. При этом не должны учитываться вспомогательные помещения, предназначенные для обслуживания жителей, работающих в здании, или посетителей.

Определение типа высотных зданий следует рассматривать как один из первых шагов в их изучении, который позволяет в дальнейшем систематизировать уже имеющиеся знания и определять направления дальнейших исследований. Подразделы архитектурной типологии высотных зданий определяются вопросами проектирования, возникающими при разработке архитектурных решений.

Тип здания должен учитываться в его архитектурном решении. Так, для каждого конкретного типа должны быть выбраны соответствующие планировочные схемы — зальная, коридорная, галерейная. А также их архитектурное решение — компактное или протяженное, форма плана, размещение лестнично-лифтовых узлов. Одни архитектурно-планировочные решения являются наиболее удачными для размещения жилых помещений, другие — для административных, третьи могут использоваться как универсальные. Это обусловлено тем, что у каждого вида помещений есть свои особые требования к архитектуре здания. Например, для архитектурно-планировочных решений жилых зданий характерна мелкоячеистая структура, для гостиниц — смешанная, для гостиничных номеров — мелкоячеистая, для небольших конференц-залов, кафе и т. п. — средняя ячеистая, для спортивных залов, ресторанов, бассейнов и т. п. — крупноячеистая. Многофункциональные здания в зависимости от набора функционально-образующих элементов имеют, как правило, смешанную (комбинированную) структуру.

Кроме того, существуют и нюансы. Например, квартиры требуют обеспечения инсоляции жилых комнат. Для гостиничных номеров, апартаментов и административных помещений инсоляция не нужна, однако требуется свободная планировка для возможности трансформации помещений под требования арендаторов. Например, для офисов зачастую дополнительно требуются залы с большой площадью.

Характер эксплуатации многофункционального здания, где люди работают и живут, определяет необходимость принятия ряда дополнительных мер по нормативным требованиям:

- эвакуации;
- пожарной безопасности;
- отдельной доступности;
- освещенности и вентиляции и т. п.

Это, в свою очередь, влияет на архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения. При формировании функционально-планировочных решений для многофункциональных зданий, в отличие от специализированных, необходимо уделять особое внимание взаимному расположению функционально-образующих элементов для того, чтобы избежать перемешивания потоков работающего персонала, посетителей и гостей, разместив «густонаселенные» офисы с посетителями на нижнем уровне, а проживающих и гостей – в более комфортных условиях на верхних этажах.

Вопросы к главе 1

1. Какие факторы должны быть учтены при выборе объемно-планировочного решения высотного здания?
2. Какие категории этажности существуют и какое количество метров предполагает каждая из них?
3. Каковы основные особенности высотных зданий?
4. Какие определения вы можете дать высотному зданию, высотному комплексу и зимнему саду?
5. Какие два основных типа высотных зданий вам известны?
6. Какие планировочные схемы характерны для высотных зданий?

Глава 2. НОРМАТИВНАЯ БАЗА И ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1. Нормативная база высотного строительства

Несмотря на накопленный мировой опыт строительства высотных зданий, общие регламентированные правила выбора конструктивных решений несущих систем, ограждающих конструкций и материалов для их реализации на сегодняшний день отсутствуют. В каждом конкретном случае инженер принимает техническое решение в соответствии с требованиями, установленными международными или национальными стандартами, нормами проектирования или другими руководящими документами.

В соответствии со СНиП 21–01–97 проектирование таких зданий, комплексов (кроме соблюдения действующих нормативных документов) необходимо выполнять по индивидуальным техническим условиям по всем разделам проекта, разработанным для объекта.

Технические условия на проектирование инженерных систем должны включать особенности противопожарной защиты здания с учетом конкретных объемно-планировочных решений, а также комплекс дополнительных инженерно-технических мероприятий. Технические условия должны согласовываться в установленном порядке с органами надзора и утверждаться заказчиком.

В качестве практического руководства при разработке технических условий на проектирование и строительство высотных зданий (высотой более 75 м и до 150 м) следует использовать «Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м».

Нежилые помещения, размещенные в жилых высотных зданиях, проектируются в соответствии с действующими нормативными документами.

При проектировании конструкций здания принимается первый класс ответственности с учетом коэффициента надежности: 1,1 – для зданий свыше 75 м до 100 м; 1,15 – свыше 100 м до 125 м; 1,2 – свыше 125 м до 150 м.

Жилые высотные здания следует проектировать в соответствии с требованиями, предъявляемыми к жилищу: I категории – по уровню комфорта; категории А (высококомфортные здания) – по допустимому шуму, вибрации и звукоизоляции ограждающих конструкций.

Уровень комфорта по метеорологическим условиям в жилых помещениях определяется заданием на проектирование.

При строительстве и проектировании инженерных систем высотных жилых зданий возникают проблемы, требующие специального изучения и принятия нестандартных решений.

Это проблемы:

- противодымной защиты при пожаре;
- воздействия окружающей среды;
- теплоснабжения и отопления;
- вентиляции;
- систем автоматизации и управления;
- безопасности и психологического дискомфорта.

В Российской Федерации основным руководством в процессе проектирования высотных зданий является документ МГСН 4.19–05 «Многофункциональные высотные здания и комплексы».

Концепция формирования общих требований к системе обеспечения пожарной безопасности высотных зданий определяется базовыми принципами, сформулированными в ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования» и СНиП 21–01–97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений». В соответствии со СНиП 21–01–97, проектирование высотных зданий, комплексов (кроме соблюдения действующих нормативных документов) необходимо выполнять по индивидуальным техническим условиям на проектирование по всем разделам проекта, разработанным для конкретного объекта. Технические условия на проектирование инженерных систем должны включать как особенности противопожарной защиты здания с учетом конкретных объёмно-планировочных решений, так и особенности комплекса дополнительных инженерно-технических мероприятий.

Высотные здания во всем мире относят к объектам самого высокого уровня ответственности и класса надежности. Удельная сто-

имость их строительства значительно выше, чем у обычных зданий. Это обусловлено не только технологическими, конструктивными и другими факторами, но и в значительной степени мерами комплексной безопасности, принимаемыми на всех стадиях — проектирования, строительства и эксплуатации. Возникновение и развитие аварийных ситуаций в высотных зданиях может иметь очень тяжелые последствия не только материального, экономического, экологического, но и социального характера.

В настоящее время специалисты различают три решения, основанные «на анализе потенциально возможных повреждений конструкций» и обеспечивающие различные по характеру последствий уровни устойчивости к прогрессирующему разрушению при развитии аварийной ситуации:

- 1) конструкции, не достигающие предельных состояний несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации;
- 2) конструкции, не достигающие предельных состояний несущей способности и не теряющие устойчивости даже в том случае, когда предельное состояние по пригодности к нормальной эксплуатации достигнуто и даже может быть превышено;
- 3) конструкции, достигающие предельных состояний по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации, но при этом сохраняющие возможность эвакуации людей.

Показатели затрат по обеспечению устойчивости высотных зданий в чрезвычайных ситуациях приведены в таблице ниже.

Как видно из таблицы, наиболее дорогим из рассмотренных вариантов является первый. Однако он приводит и к наименее существенным потерям, и связанным с ними расходам на возмещение ущерба, включая ремонтно-восстановительные мероприятия. В то же время наименее затратным на стадии строительства является третий вариант. Он хотя и влечет заметное увеличение расходов страховых компаний, но почти вдвое сокращает потери, даже в случае, когда меры безопасности не принимались бы совсем.

При рассмотрении конструктивных особенностей высотных зданий следует иметь в виду, что приведенные ниже технические решения несущих систем удовлетворяют рассмотренным критериям.

*Затраты по обеспечению устойчивости высотных зданий
в чрезвычайных ситуациях*

Наименование	Вариант технического решения несущей системы			
	без ограничения прогрессирующего разрушения	I	II	III
Полная стоимость здания, млн руб.	25	30	27	26
Стоимость каркаса, млн руб.	10	15	12	10
Стоимость ограждающих конструкций и коммуникаций, млн руб.	15	15	15	15
Стоимость каркаса, %	100	150	120	110
Стоимость здания, %	100	120	108	104
Расходы страховых компаний	684,5	100	153	399

В процессе возведения и эксплуатации высотные здания и их отдельные элементы подвергаются действию нагрузок и воспринимают усилия, большие по сравнению с эффектом от внешних воздействий, характерных для обычных объектов строительства. Так, ветровые нагрузки значительно возрастают при удалении от поверхности земли и характеризуются как статической, так и динамической составляющей. Для большинства высоток горизонтальные нагрузки преобладают над вертикальными.

В связи с высокими темпами производства строительномонтажных работ на несущие конструкции, выполненные из монолитного бетона в раннем возрасте, передаются достаточно большие усилия. Это требует принятия соответствующих решений. В процессе строительства в несущих системах высотных зданий накапливаются неравномерные вертикальные перемещения, которые в сочетании с деформациями от эксплуатационных нагрузок приводят бетон и сталь к предельным состояниям в отдельных сечениях некоторых элементов. Это необходимо учитывать при оценке напряженно-деформированного состояния конструкций.

2.2. Характеристика высотного строительства

2.2.1. Конструктивные системы высотных зданий

В современном высотном строительстве применяют различные конструктивные системы и схемы с разнообразными вариантами компоновок. Конструктивные системы делятся на три категории:

1. Каркасные.
2. Стеновые.
3. Смешанные (каркасно-стеновые).

Каркасные системы подразделяются:

- на рамно-каркасные;
- каркасные с диафрагмами жесткости;
- каркасно-ствольные.

Среди стеновых систем выделяют схемы с перекрестными стенами и коробчатые, т. е. оболочковые. Смешанные системы сочетают в себе отдельные признаки двух других систем, таких как каркасно-ствольные и коробчато-ствольные.

Анализ несущих систем высотных зданий показывает, что их конструктивное и компоновочное решение зависит от высоты объекта. Однако существенное влияние на выбор конструктивной схемы оказывают такие факторы, как сейсмическая активность района строительства, инженерно-геологические условия, атмосферные и ветровые воздействия, архитектурно-планировочные требования.

Высотные здания делят на группы по высоте. Каждая из них характеризуется своими конструктивными решениями.

Здания высотой до 200–250 м возводят преимущественно с несущим каркасом, т. е. рамным или с диафрагмами жесткости.

При строительстве жилых домов и гостиниц применяют перекрестно-стеновую систему, которая наиболее эффективна в зданиях высотой до 150 м благодаря высокой жесткости.

Данные конструктивные системы имеют компоновочные схемы, которые удовлетворяют объемно-планировочным решениям и функциональному назначению объектов строительства. В связи с этим необходимо отметить, что независимо от высоты здания при разработке его объемно-планировочного решения необходимо придерживаться пропорций, обеспечивающих требуемую жесткость строения и ограничивающих колебания верхней части при знако-

переменных горизонтальных нагрузках. Отношение меньшего размера в плане к высоте здания составляет 1:7 – 1:8. При больших соотношениях неоправданно увеличивается площадь застройки, а при меньших значительно возрастает деформативность несущего остова. Это негативно сказывается как на технико-экономических показателях, так и на пребывании людей на верхних этажах.

Увеличение высоты зданий влечет за собой существенный рост горизонтальных нагрузок, действующих на них в процессе строительства и эксплуатации. Как уже было отмечено, при некоторых условиях напряжения, возникающие в элементах несущего остова здания, определяются в большей степени горизонтальными усилиями. Преобладающее влияние горизонтальных нагрузок приводит к неравномерности распределения вертикальных усилий и деформаций в вертикальных несущих конструктивных элементах остова здания, его закручиванию и сдвигу.

Преимущественно применяют ствольные конструктивные системы «труба в трубе» и «труба в ферме» для повышения сопротивления внешним воздействиям несущей системы зданий высотой более 250 м. Их компоновочная схема состоит из следующих элементов:

- центрального ствола, воспринимающего основную долю всех нагрузок;
- несущих элементов в виде отдельных стоек (колонн), расположенных по периметру здания;
- решетчатых систем (ферм, составных стержней и др.);
- пилонов, объединенных в единую конструкцию.

Жесткость, устойчивость и способность к гашению вынужденных колебаний ствольной системы обеспечиваются заделкой центрального ствола в фундамент.

В случаях, когда жесткость в стеновых, каркасных или ствольных системах недостаточна, прибегают к комбинированным вариантам, сочетающим в себе признаки разных конструктивных решений. В частности, для повышения сопротивления несущего остова здания ветровым нагрузкам, возрастающим с высотой над уровнем земли, применяют комбинацию ствольной и стеновой систем. В этом случае горизонтальные нагрузки воспринимаются не только внешней оболочкой и центральным стволом, но и внутренними несущими стенами. Для комбинированной конструктивной системы

характерна большая конструктивная гибкость в части возможности распределения доли воспринимаемых усилий за счет варьирования жесткости несущих элементов остова.

Следует отметить, что повышение сопротивления здания ветровым нагрузкам достигается не только за счет применения соответствующих конструктивных систем, но и путем придания зданиям определенной формы в плане. Многочисленные зарубежные исследования, выполненные на основе наблюдений за продуванием моделей в аэродинамических трубах и компьютерной симуляцией с помощью программного обеспечения, показали, что оптимальной формой плана высотного здания является круг или фигура, близкая по форме к кругу. Эллиптическая и квадратная формы хотя и уступают круглой, но также обеспечивают достаточную сопротивляемость здания горизонтальным нагрузкам. В качестве примеров можно привести здания Marina City в Чикаго (США), Petronas Twin Towers в Куала-Лумпуре (Малайзия), Taipei 101 в Тайбэе (Тайвань).

Предпочтительными вариантами планов высотных зданий являются сечения минимум с двумя осями симметрии. Такие здания менее других чувствительны к изменению направления действия горизонтальных нагрузок, а количество типоразмеров несущих конструкций сокращается до минимума. Практика свидетельствует о том, что сооружения сложной формы целесообразно проектировать составными из нескольких блоков, имеющих более простые по форме сечения.

Высотное строительство зачастую осуществляется в сейсмически активных районах. Это порой приводит к противоречивым результатам влияния жесткости каркаса на поведение здания при ветровых и сейсмических нагрузках. Если для улучшения сопротивления ветровому напору и уменьшения амплитуды и частоты колебаний верха здания прибегают к увеличению жесткости несущего остова, то при сейсмических нагрузках такие здания не способны поглотить энергию толчков земной коры, что вызывает значительные перемещения и ускорения на верхних этажах. С уменьшением поперечной жесткости несущей системы наблюдается обратная картина – при более гибком скелете заметно ухудшаются комфортные условия на верхних этажах, испытывающих значительные колебания.

Для устранения указанных противоречий в особо высоких зданиях (до 300 м и более) на верхних этажах устраивают пассивные маятниковые демпферы. Такой демпфер установлен в башне Taipei 101. Он имеет вес около 800 т, подвешен с помощью тросов на 92-м этаже и предназначен для гашения инерционных колебаний. В обычных условиях эксплуатации демпфер обеспечивает отклонение верха здания в пределах до 10 см, а при воздействиях катастрофического характера (тайфуны, землетрясения и т. п.) сам раскачивается с амплитудой до 150 см, гарантируя колебания здания в безопасных пределах.

Повышение изгибной жесткости несущего остова высотных зданий со ствольными конструктивными системами и их сопротивляемости действию динамических горизонтальных воздействий достигают введением в каркас аутригерных структур, выполняющих функцию элементов, несущих на себе часть нагрузки от перекрытий. Как правило, это достаточно жесткие плоские или пространственные конструкции, расположенные по высоте здания с определенным шагом и соединенные между собой вертикальными стержневыми элементами. Включение аутригерных структур принципиально изменяет характер работы каркаса и позволяет регулировать его реакцию на внешние воздействия. Аутригеры высотных зданий, в конструктивном отношении представляющие собой раскосные или безраскосные фермы (последние известны под названием «балка Веренделя»), обычно располагают в уровнях технических этажей, разбивающих здания на отдельные функциональные и противопожарные отсеки.

При проектировании высотных зданий, рассчитываемых на воздействие сейсмических нагрузок, следует иметь в виду, что землетрясения силой до 4 баллов на уровне поверхности земли приводят к возникновению на верхних этажах эффектов, соответствующих воздействиям силой 6, 7 и более баллов. Об этом свидетельствуют результаты расшифровки сейсмо- и акселерограмм, записанных в Москве в 1977 и 1986 гг. Согласно мнению В.В. Севостьянова и его коллег [3], при проектировании высотных зданий и их комплексов высотой 100 м и более в Москве следует обязательно учитывать сейсмические воздействия. Как показывает анализ земле-

трясений, зафиксированных в Московском регионе за весь период инструментальных наблюдений, подвижки земной коры или осязаемые отголоски колебаний в других регионах могут происходить с временным интервалом в 50–100 лет. С учетом расчетного срока службы высотного здания, который составляет не менее 100 лет, каждый объект минимум один раз может подвергнуться воздействию сейсмических нагрузок достаточно высокой интенсивности.

Сопrotивление высотного здания совокупности вертикальных и горизонтальных нагрузок зависит не только от конфигурации в плане, но и от формы вертикального сечения и регулярности структуры несущей системы. В этом отношении к оптимальным очертаниям приближаются трапеция с большим нижним основанием и прямоугольник. Такие профили обладают достаточной поперечной жесткостью, особенно в сочетании с регулярной структурой несущей системы. При сооружении высотного комплекса, состоящего из нескольких объемов, последние следует соединять шарнирно, чтобы в случае воздействий чрезвычайного характера, в том числе динамических нагрузок, не передавать на соседние строения дополнительные усилия.

2.2.2. Лестнично-лифтовые узлы

Лестнично-лифтовые узлы (ЛЛУ) высотных зданий играют особую роль в обеспечении сообщения между этажами и эвакуации людей в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. В зависимости от компоновочного и объемно-планировочного решения ЛЛУ могут совмещать функции путей сообщения и эвакуации или выполняться раздельно. В обоих случаях к их техническому оснащению предъявляют определенные требования, связанные с обеспечением параметров безопасности.

Обычно ЛЛУ располагается в центральной части высотных зданий. Как правило, он размещается в пределах центрального ствола строений с каркасно-ствольной, коробчато-ствольной или аналогичными несущими системами. Предел огнестойкости конструкций лестнично-лифтового узла принимают по национальным нормам проектирования, и в большинстве случаев он составляет 2 часа. Исходя из этого показателя, назначают толщину стен и перекрытий и выполняют их проектирование.

Значительную роль в этом вопросе играет компьютерное моделирование будущего объекта и его вариантное проектирование. Необходимо также иметь в виду, что в отличие от большинства объектов массового строительства конструктивное решение высотного здания находится в неразрывной связи с технологией его возведения. На безопасность и надежность объекта непосредственное влияние оказывают правильный учет внешних воздействий, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, и назначение (калибровка) значений частных коэффициентов безопасности, соответствующих расчетному сроку службы.

Стоимость высотных зданий несравненно выше, чем стоимость объектов массового строительства, и обусловлена она не только специфическими конструктивными решениями, но также системами жизнеобеспечения и требованиями комплексной безопасности. Безусловно, при проектировании высотных зданий следует принимать экономически оправданные технические решения. Однако при этом они не должны снижать надежности сооружения и превращать его в источник повышенной опасности для людей и окружающей среды. Только при соблюдении этих условий высотные здания станут своеобразной визитной карточкой государства, будут свидетельствовать о его экономическом благополучии и достижениях научно-технического прогресса в строительной отрасли.

Вопросы к главе 2

1. Что должны включать в себя технические условия на проектирование инженерных систем?
2. Каким практическим руководством следует пользоваться при разработке технических условий на проектирование и строительство высотных зданий?
3. Какие коэффициенты надежности для первого класса ответственности вам известны?
4. Каким основным документом в Российской Федерации руководствуются в процессе проектирования высотных зданий?
5. Какие три главных решения, основанных «на анализе потенциально возможных повреждений конструкций», вам известны?
6. На какие три категории можно разделить конструктивные системы?

Глава 3. ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

По степени сложности проектирование высотных зданий, а также их возведение превосходят мосты и тоннели, главным образом за счет многократного преобладания высоты над площадью основания. Это создает значительные нагрузки на несущие конструкции.

Огромная высота небоскреба приводит к значительно превосходящей типичную для среднеэтажной застройки степень воздействия природных факторов, таких как солнечная радиация и ветровая нагрузка, зачастую превышающая суммарный вес сооружения. Значительное влияние оказывает общая геологическая ситуация:

- качество подстилающих грунтов;
- сейсмическая опасность региона;
- наличие карстовых разломов.

А также ряд техногенных факторов:

- вибрация;
- шумы;
- аварии;
- пожары;
- диверсионные акты;
- локальные разрушения.

Проектирование высотных зданий – это решение комплекса градостроительных, природно-климатических, геологических, архитектурно-планировочных, конструктивных задач.

Должны быть также решены инженерные вопросы по вентиляции, отоплению, водоснабжению, канализации, электрике и системе их управления, вопросы комплексной безопасности проживания, управления и мониторинга конструкций, а также меры, направленные на снижение негативного психологического воздействия на человека.

Каждая высотка сложна и уникальна, и сложность ее возрастает пропорционально ее высоте. В работе над ней принимают участие специалисты из разных областей. Например, в проектировании высотного здания Commerzbank принимали участие свыше 400 исследовательских групп. Основная ответственность ложится на архи-

текторов, координирующих работу. Существуют и проектные организации, специализирующиеся на высотных зданиях:

- архитектурные: Skidmore, Owingsand and Merrill; De Stefano and Partners; Foster and Partners;
- конструкторские: Ove Arup and Partners; Thornton Tomasetti Groupe; Cantor Seinuk Group;
- инженерные: RSE Engineering; Flack & Kurtz Consulting Engineers;
- строительные: Turner Construction Company.

Можно сказать, что для высотных зданий влияние климата, ветра, изменение атмосферного давления являются экстремальными. Первые кирпичные высотки не были подвержены ветровому воздействию, в отличие от современных сооружений с большими пролетами несущих конструкций, навесными фасадами и предельной высотой.

Изучение воздействия ветра возможно с помощью физического или математического моделирования. Первое осуществляется при испытании в специальных аэродинамических трубах моделей в масштабе от 1:150 до 1:500. Это позволяет выявлять градостроительно-планировочные недостатки, чрезмерные нагрузки на конструкции, возможные места возникновения вибраций и шумов. Полученные результаты переносятся на реальный объект с корректирующими коэффициентами точности. При математическом моделировании учитываются скорость, направление и характер ветра, рельеф местности, плотность окружающей застройки, наличие поблизости леса, а также объемно-пространственная структура самого здания. Чем больше объектов находится рядом, тем больше высота, на которой достигается максимальная ветровая нагрузка. В области пограничного слоя воздуха скорость ветра может увеличиться в четыре раза. Под пограничным слоем понимается приземный слой атмосферы (в центре городов ~ 460 м) в условиях, когда поверхность земли оказывает тормозящее воздействие на движущую массу воздуха.

Нагрузки, вызванные воздушными потоками повышенной скорости вокруг здания (турбулентные, круговые восходящие, всасывающие), создают колебания, сравнимые с 4- и даже 5-балльным землетрясением.

Кроме того, возникают неприятные звуки от перекоса конструкций, от проникания ветровых потоков в оконные щели, а также «завывание» вокруг здания. Наибольшее давление ветра наблюдается в центре вертикальной поверхности с наветренной стороны, где движение ветра практически прекращается. Давление постепенно уменьшается по мере возрастания скорости потока в направлении верха здания. Примерно с середины высоты 40 % потоков воздуха начинает движение вниз вдоль фасада. Это может создавать ветровые нагрузки на уровне входа в здание даже большие, чем на высоте 100 м.

Существуют надежные методики учета аэродинамики, следуя которым проектировщик может добиться снижения ветровых нагрузок. Они должны применяться с самого начала проектирования высотных зданий, с определения места постановки сооружения на участке в соответствии с розой ветров, с выбора объемно-пространственного решения.

Вопросы к главе 3

1. Решение каких комплексных задач необходимо при проектировании высотных зданий?
2. Как производят изучение воздействия ветра на высотные здания при физическом и математическом моделировании?
3. Какие нагрузки создают колебания, сравнимые с 4- и даже 5-балльным землетрясением?

Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА УЧАСТКА ДЛЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

Приступая к проектированию высотного здания, в каждом отдельном случае следует принять решения по следующим вопросам:

1. Выбор формы высотного здания, наиболее органично вписывающегося в ансамбль города.
2. Транспортное обеспечение объекта.
3. Определение условий влияния объекта на инсоляцию окружающей застройки.

Первый из поставленных вопросов должен быть тщательно исследован на моделях и по данным аэрофотосъемки. При решении второго вопроса следует учитывать не только автомобильное движение, но и пешеходные потоки, потому что деловая часть города все в большей степени застраивается высотными зданиями, между которыми можно быстро и безопасно пройти пешком от станции метрополитена или от автомобильной стоянки.

В реальном проектировании высотных зданий требуется выполнение двух обязательных мероприятий, обеспечивающих их безопасность при строительстве и эксплуатации:

- 1) независимой геотехнической экспертизы (проверки) принятых оценок и расчетных моделей оснований;
- 2) геотехнического мониторинга в процессе строительства и эксплуатации.

При проектировании сооружений, примыкающих к высотному зданию, и при разработке мероприятий по защите окружающей застройки следует учитывать увеличение размеров зоны влияния. Указанные геотехнические особенности высотных зданий делают необходимым существенное повышение требований к детальности и содержательности инженерных изысканий, к расчетам оснований и фундаментов, к выбору конструктивных типов фундаментов и технологий их устройства.

При выборе участка под строительство здания повышенной этажности в структуре многофункционального комплекса, как и любого другого функционально-планировочного образования, сохраняется комплекс градостроительных требований (решение транспортных задач, обеспечение объектами общественного обслуживания, озе-

ления и т. д.), которые должны быть решены с учетом объемно-пространственной специфики данных объектов.

Основной характеристикой территории под строительство высотных объектов является размещение участка в пределах квартала, составляющего для высотного здания не более 2,5 га, а для высотного градостроительного комплекса — не более 5,0 га. При этом площадь освоения территории высотных объектов характеризуется высоким уровнем — не менее 0,4 м² площади помещений на 1 м² территории.

Нормами регламентированы факторы, учитываемые при выборе параметров и функционального назначения участков территории высотного строительства, в их числе:

- визуально-ландшафтный анализ размещения градостроительного объекта для обоснования габаритов застройки;
- анализ возможности геологического риска на основании данных геологических изысканий;
- расчеты пропускной способности транспортной сети с учетом дополнительной нагрузки от объекта с целью исключения перегрузок дорожно-транспортных коммуникаций;
- прогнозная оценка изменения условий аэрации и инженерно-гидрологических условий территории объекта;
- свето-климатические расчеты уровня инсоляции и естественной освещенности;
- расчеты обеспеченности населения на прилегающих территориях озеленением и объектами общественного обслуживания в границах участка высотного образования.

Вопросы к главе 4

1. Какие решения следует принимать, приступая к проектированию высотных зданий?
2. Какие два обязательных мероприятия обеспечивают безопасность при строительстве и эксплуатации высотных зданий?
3. Каково описание основных характеристик территории под строительство высотных объектов?
4. Какие факторы учитывают при выборе параметров и функционального назначения участков территории высотного строительства?

Глава 5. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

5.1. Рациональные объемно-пространственные решения

Наиболее рациональные формы высоток можно расположить в определенной последовательности – по степени уменьшения воздействия воздушных потоков на их конструкции. Абсолютным лидером является круглая конфигурация. Отсутствие выступов позволяет воздуху обтекать объем, не создавая при этом завихрений, появляющихся на углах прямоугольных по конфигурации построек.

Примерами могут служить Marina City в Чикаго или Torre Agbar в Барселоне. Второе место принадлежит планам в форме, производной от круглой, – овальной, в форме линзы или капли. С середины XX века все больше высоток имеют подобные конфигурации, что связано с увеличением их высоты, при которой оптимальный объем с точки зрения аэродинамики – не художественный прием, а необходимость. Переходная форма треугольника со скругленными углами чрезвычайно популярна благодаря своей пространственной жесткости.

На третьем месте столь же распространенные, как и сто лет назад, здания квадратной или ромбовидной конфигурации. Это решение наиболее популярно для зданий не выше 60 этажей. Поскольку они более подвержены горизонтальным нагрузкам. На четвертом месте – высотки, спаренные конструктивно или композиционно. Они, как правило, имеют круглую форму, как, например, Petronas Twin Towers (Башни Петронас) в Куала-Лумпуре. Объединяющий их мост на 42-м этаже является фермой с подпорками, которая работает как стабилизатор колебательных деформаций обеих башен. При помощи Г- и Н-образных планов можно добиться увеличения показателей прочности и жесткости сооружения. Однако в подобном типе зданий, которые в нашей классификации находятся на пятом месте, приходится размещать несколько лестнично-лифтовых узлов, что сужает размер полезной площади.

Закрывают ряд протяженные здания в виде пластины, дуги или волны. В последнее время, преимущественно в Китае, подобные соо-

ружения делаются жилыми, их высота составляет 40–60 этажей. При этом архитекторам приходится искать альтернативные пути борьбы с воздушными потоками, вызванными огромной парусностью домов.

Стереотипные представления о небоскребах как о прямоугольных башнях, балансирующих на маленьком пятчке, зажатом среди соседних городских кварталов, на сегодня устарели. С тех пор как высотки перестали быть только офисными зданиями и сделались жилыми домами, гостиницами, многофункциональными комплексами, они значительно расширили свою типологию. Их формы в зависимости от расположения и функции могут быть очень разнообразными.

Аэродинамические нагрузки и распределение веса конструкций здания по вертикали требуют как минимум сохранения конфигурации по всей его высоте. С точки зрения устойчивости сужающаяся кверху форма предпочтительнее. В этом случае сооружение занимает весь участок, а затем площадь этажей уменьшается. Это могут быть плавные изменения в силуэте здания по наклонной или дугообразной линии либо скачкообразные, уступчатые формы.

В здании, имеющем форму пирамиды, наклон наружных плоскостей может увеличить жесткость конструкций на 10–50 %. Уменьшить ветровую нагрузку можно с помощью переменного расширения и сужения горизонтального сечения здания. В этом случае для потоков воздуха создаются каналы, по которым им легче обтекать объем. Эту роль выполняют сквозные проемы, которые могут располагаться в разных частях здания. В любом случае испытания в аэродинамической трубе проектных моделей подобных сооружений должны проводиться с особой тщательностью, поскольку проемы могут оказывать усиливающее влияние на скорость ветра.

5.2. Рациональные планировочные решения

Вопросы ветровой нагрузки и связанные с ними оптимальные формы высоток неотделимы от их конструктивных решений, от которых зависит и рациональное распределение площадей каждого этажа. В планировке следует максимально экономно и компактно разместить лестнично-лифтовые узлы. Для определения количества лифтов стоит рассчитать, сколько человек будет ими пользоваться

в час пик, ведь максимальное время ожидания кабины может составлять не более 28 секунд. Архитектору также предстоит расположить несущие конструкции с учетом оптимального использования площади, по возможности освободив периметр от массивных элементов.

Конфигурация сооружения, расположение его центрального ядра и соотношение размеров ядра и здания — это базовые параметры в проектировании высотных зданий. Взаимосвязь планировочных, объемных и конструктивных показателей превращает придуманную архитектором форму в работающую схему. Надежность и безопасность высотного здания зависят от принятых решений по сложной системе, состоящей из двух частей:

- подземной (фундаментов, отвечающих за восприятие и передачу суммарных нагрузок от здания на грунтовое основание);
- наземной.

Высотность зданий влияет на выбор их конфигурации и объемно-планировочных решений. В связи с интенсивностью ветровых воздействий основным вариантом формы здания является башенная с повышенной устойчивостью в обоих направлениях (благодаря развитому поперечному сечению) и обтекаемостью объема (цилиндрического, пирамидального, призматического со скругленными углами).

Высотные здания проектируют преимущественно башенного типа с компактной центричной формой плана, исходя из требований минимального ограничения инсоляции примыкающей застройки и необходимости формирования выразительного силуэта здания. В связи с радикальным влиянием на устойчивость здания ветровых воздействий с учетом возможности резонансного вихревого возбуждения колебаний зданий, его горизонтальное сечение существенно развивают (до 40×40, 50×50, 40×60 м в зависимости от высоты). Таким образом, площадь этажа высотного здания не превышает 2–2,5 тыс. м² даже в 80–100-этажных небоскребах. В целях снижения ветровых воздействий выбирают эффективную в аэродинамическом отношении объемную форму здания — цилиндрическую, пирамидальную или призматическую. В целях повышения устойчивости здания прибегают к расширению его сечения к основанию в одном или двух направлениях.

Эффективная в аэродинамическом отношении пирамидальная форма башни применяется относительно редко как по объемно-планировочным, так и по конструктивным соображениям. Она не всегда хорошо согласуется с рядом распространенных конструктивных систем и требует поэтажной смены планировочных решений.

Говоря о предпочтительных конфигурациях высотных зданий, необходимо отметить, что при прочих равных условиях наилучшими показателями обладают сечения минимум с двумя осями симметрии. Такие здания менее других чувствительны к изменению направления действия горизонтальных нагрузок, а количество типоразмеров несущих конструкций сокращается до минимума. Практика свидетельствует о том, что сооружения сложной формы целесообразно проектировать состоящими из нескольких блоков, имеющих более простые по форме сечения.

На выбор пропорций высотных зданий оказывают также непосредственное влияние нормативные ограничения горизонтальных перемещений верха здания с учетом крена фундаментов в зависимости от его высоты (H). Они должны составлять для зданий высотой до 150 м не более $1/500 H$, свыше 250 – $1/1000 H$, для промежуточных высот – по интерполяции.

Форма здания, выбираемая при проектировании, непосредственно влияет на расход строительных материалов и теплотери объекта. Поэтому в решении объемно-планировочных задач при выборе вариантов (в случаях удовлетворительного решения функциональных требований) целесообразно отдавать предпочтение вариантам компактной формы с минимальным удельным расходом наружных ограждающих конструкций. Обтекаемая форма и четкая ориентация застройки к направлению господствующего ветра позволяют снижать скорость ветра у здания на 50–70 % и, соответственно, уменьшать его теплотери.

Существенное влияние на сокращение теплотерь оказывают решение оконных проемов (выбор размеров, ориентация и т. д.) и применение дополнительных мер по сокращению теплотерь в ночное время, например трансформируемого остекления лоджий. При этом форма и размеры здания должны выбираться таким образом, чтобы было максимально обеспечено положительное воздей-

ствие наружного климата на тепловой баланс объекта и нейтрализовано отрицательное.

В большинстве современных высотных зданий, имеющих, как правило, достаточно большую глубину, при компоновке объемно-планировочного решения стремятся максимально открыть внутреннее пространство и освободить его от несущих элементов. Это продиктовано как необходимостью создания условий для свободной планировки этажей, так и требованиями противопожарной защиты вертикальных несущих конструкций. Последние, при относительно большом шаге, целесообразно располагать в угловых зонах помещений и других местах с ограниченным доступом и обзором. При этом колонны, пилоны и другие элементы могут быть защищены от воздействия высоких температур и декоративно оформлены.

Объемно-планировочное решение здания должно удовлетворять функциональным и санитарно-гигиеническим требованиям. Для чего необходимо определить состав, размеры и взаимное расположение основных, обслуживающих, коммуникационных и технических помещений. Помещения, близкие по назначению и размерам, размещают в типовых этажах здания; входные узлы, большие залы — в нетиповых.

Вопросы к главе 5

1. Какова характеристика рациональных объемно-пространственных решений в высотном строительстве?
2. Каковы рациональные планировочные решения высотных зданий?

Глава 6. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

Конструктивное решение высотного здания непосредственно связано с планировочными решениями и решением систем инженерного обслуживания здания и должно удовлетворять требованиям прочности, устойчивости и жесткости, что обеспечивает долговечность сооружения.

Изначально применялись три основные конструктивные схемы высоток: каркасная, каркасно-ствольная и бескаркасная с параллельными несущими стенами.

Со временем было разработано еще несколько типов: каркасная с диафрагмами жесткости, рамно-каркасная, бескаркасная с перекрестно-несущими стенами, ствольная, коробчатая (оболочковая), ствольно-коробчатая («труба в трубе» или «труба в ферме»).

Каркасные и рамно-каркасные системы применяют при высоте здания до 100–150 м. Схемы с перекрестно-несущими стенами, обеспечивающие большую жесткость, могут применяться в строительстве жилых домов и гостиниц до 40 этажей, поскольку им соответствует планировочная структура таких зданий. Стремление к достижению большей жесткости связано с резким увеличением массы сооружений и ограничением планировочных решений.

Для повышения жесткости конструкции и обеспечения свободной планировки применяют ствольные и каркасно-ствольные системы. Стволом, или ядром, как правило, является монолитно выполненный лестнично-лифтовый узел. Данная система обеспечивает необходимую жесткость здания до высоты в 50–60 этажей, поскольку его геометрия зависит от геометрии ядра, предельное соотношение ширины которого к высоте определяется как 1:6 (максимум 1:10). При этом ядро не должно занимать больше 20 % от площади этажа.

Ограничение по высоте ствольных систем до 80–90 этажей преодолевается, если в качестве несущей оболочки выступает внешний периметр. Такие системы называются коробчатыми или оболочковыми. В них наружная несущая оболочка может выполняться в виде безраскосной и раскосной решетки из стали или железобето-

на. Безраскосная решетка не вызывает затруднений при размещении светопрозрачных ограждений по фасаду, но уступает раскосной в обеспечении жесткости конструкции. Диагональные связи-раскосы, образующие ствольно-коробчатые системы «труба в ферме», не позволяют применять пластические решения фасадов и требуют частого расположения несущих стоек по периметру сооружения.

Система «труба в ферме» может эффективно применяться в зданиях свыше 100 этажей. До высоты в 250–300 м возможна конструкция только с несущим стволом и опирающимися на него аутригерами-консолями (усиленными перекрытиями, способными воспринимать нагрузку от нескольких выше или ниже лежащих уровней и передающих ее на ядро), расположенными через каждые 5–20 этажей. В зависимости от схемы аутригера могут достигать высоты в несколько метров. В этом случае они располагаются в пределах технических этажей. Аутригеры должны быть затянуты в единую систему по периметру здания колоннами, работающими на растяжение, чтобы сократить колебательные ускорения наверху от ветровой нагрузки.

Каждая из схем экономически целесообразна для зданий определенной высоты или соотношения высоты и ширины. Показателем экономической эффективности является расход материала на изготовление несущих конструкций, поделенный на общую площадь. Таким образом, перед конструкторами стоит задача свести к минимуму вес сооружения при обеспечении необходимой надежности. Улучшить условия работы здания под нагрузкой и повысить его жесткость позволяет равномерное распределение вертикальных нагрузок на несущие элементы.

Если необходимость восприятия ветровых нагрузок требует повышения жесткости, то сейсмические воздействия, напротив, диктуют повышение его гибкости, чтобы колебания гасились конструкцией без ее разрушения. Гибкость большинства высоток, коэффициент отношения высоты к ширине, обычно 1:8. Большие значения приводят к недопустимым колебаниям верха здания и необходимости использования демпфирующих элементов. Эти

колебания должны быть ограничены по соображениям надежности (не более $0,08 \text{ м/с}^2$) и психологического комфорта.

Определение баланса между показателями гибкости и жесткости — еще одна сложность в разработке конструкций высоток. Особые требования к конструктивному решению продиктованы проблемами безопасности, в частности защиты от прогрессирующего обрушения. Теперь в методиках расчета предусматривается моделирование поведения системы в случае выхода из работы части несущих конструкций, способного повлечь за собой падение всего здания.

Решение о строительстве высотного здания во многом зависит от качества грунта на участке и его несущей способности. Основной фактор риска в строительстве высоток — оценка несущей способности грунта. При ее анализе и расчете фундаментных плит необходимо учитывать специфику этого типа зданий. Один и тот же грунт в зависимости от неоднородности строения, от технологии возведения может иметь значения «модуля деформации», в 2–5 раз различающиеся между собой. Расчет подземной части высотки выполняется по двум предельным состояниям: по несущей способности и по деформациям (осадкам, кренам, прогибам и т. д.) с учетом принятой технологии возведения. Проектирование фундаментов учитывает особенности грунтов, результаты лабораторных и полевых испытаний, а также обследований окружающей застройки, ее оснований и фундаментов.

По современным способам расчетов основания несущая способность фундаментной плиты определяется достаточно приблизительно. В процессе строительства и эксплуатации продолжают измеряться значения контактных напряжений характерных точек, опорных сил, осадки. Если данные не соответствуют расчетным, то проводится упрочнение грунта. По прогнозам экспертов, развитие геотехнических модельных вычислений, опыт применения эффективных строительных технологий со временем сведут к минимуму риски, связанные с непредсказуемостью поведения грунтов.

Вопросы к главе 6

1. Какова краткая характеристика следующих конструктивных схем: каркасной с диафрагмами жесткости, рамно-каркасной, бескаркасной с перекрестно-несущими стенами, ствольной, коробчатой (оболочковой), ствольно-коробчатой?
2. Какая задача стоит перед конструкторами при возведении высотных зданий с обеспечением при этом необходимой надежности?
3. Что подразумевается под основным фактором риска в строительстве высоток?
4. По каким двум предельным состояниям выполняется расчет подземной части высотных зданий?

Глава 7. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Конструирование высотных зданий имеет свою специфику с точки зрения объемной формы, пропорций, выбора конструктивных систем и элементов зданий.

В современном высотном строительстве применяют различные конструктивные системы и схемы с разнообразными вариантами компоновок. Конфигурация, общая пространственная композиция и высота здания взаимосвязаны. Они зависят от градостроительных факторов, природно-климатических условий, а также от технологических, экономических и эксплуатационных возможностей применяемых конструкций. Здания с компактными планами обычно нуждаются лишь в опорах вдоль наружных стен и центральном ядре жесткости. Протяженные узкие здания имеют, как правило, ряд колонн у наружных стен и один или два дополнительных ряда внутри здания.

Вместе с тем все конструктивные системы можно разделить на три категории – каркасные, стеновые и смешанные.

В свою очередь, каркасные системы подразделяются на рамно-каркасные, каркасные с диафрагмами жесткости и каркасно-ствольные. Среди стеновых систем следует выделить варианты с перекрестными стенами и коробчатые (оболочковые). Смешанные системы сочетают в себе отдельные признаки двух других систем, к ним относят каркасно-ствольные и коробчато-ствольные.

Любое каркасное здание состоит из отдельных элементов, выполняющих в общей системе определенные функции. В системе высотного каркаса это вертикальные элементы (колонны, рамы, диафрагмы и стволы жесткости) и горизонтальные элементы (плиты и балки перекрытий, горизонтальные связи). Вертикальные элементы выполняют в системе главные несущие функции, воспринимая все действующие на здание нагрузки с передачей их на фундамент. Горизонтальные элементы обеспечивают неизменяемость системы в плане, передают прилагаемые к ним нагрузки на вертикальные элементы, обеспечивают пространственную работу всей системы, выступая в качестве распределительных горизонтальных дисков.

Стальные несущие конструкции рационально применять в каркасных и смешанных системах. Такие системы являются наиболее перспективными, так как обеспечивают свободу для архитектурной планировки и возможность ее изменения при эксплуатации здания.

Каркасные и смешанные системы в зависимости от распределения функций между элементами каркаса, обеспечивающими пространственную жесткость и устойчивость, подразделяют на рамные, связевые и рамно-связевые.

Высотные здания можно разделить на диапазоны по высоте, для каждого из которых характерны свои конструктивные решения. При этом следует заметить, что границы диапазонов в определенной степени условны в силу перечисленных ранее обстоятельств.

Каркасно-рамная конструктивная система, послужившая основой для создания небоскребов на рубеже XIX–XX веков, в настоящее время достаточно широко применяется при строительстве зданий высотой до 60 этажей.

С ростом этажности неизбежное усложнение конструкции рамных узлов для восприятия возрастающих горизонтальных нагрузок приводит к переходу на связевый каркас со сквозными раскосными стальными вертикальными диафрагмами жесткости или со сплошными железобетонными стенами – диафрагмами жесткости.

С 1960-х годов в высотное строительство активно внедряются вновь изобретенные конструктивные системы – ствольная и оболочковая.

Ствольная конструктивная система в качестве основной несущей конструкции здания, воспринимающей нагрузки и воздействия, содержит вертикальный пространственный стержень – ствол жесткости (закрытого или открытого сечения) на всю высоту здания. Поскольку ствол чаще всего располагают в геометрическом центре плана здания, возник и распространенный термин «ядро жесткости».

Ствольная система органично вошла в практику высотного строительства, так как удачно сочеталась с планировочной схемой здания. Здесь совместилось расположение стен центрального узла вертикальных коммуникаций (лифтовых шахт и холлов) и ствола жесткости. Жесткость ствольной системы, ее устойчивость и спо-

способность к гашению вынужденных колебаний обеспечиваются заделкой центрального ствола в фундамент.

Наилучшие условия для пространственной работы конструкций ствольных зданий обеспечивает строго центральное расположение ствола в плане, геометрическое подобие конфигурации здания и ствола при площади «ядра жесткости» около 20 % площади плана здания.

Наибольшее распространение в строительстве зданий различного назначения (офисы, гостиницы, жилище) высотой до 60 этажей получила комбинированная каркасно-ствольная система, преимущественно с расположением каркаса только по наружному контуру здания. Совместность горизонтальных перемещений каркаса и ствола обеспечивают горизонтальные аутригеры-ростверки, расположенные через 18–20 этажей.

Оболочковая конструктивная система отличается максимальной жесткостью среди рассмотренных в связи с тем, что несущие конструкции расположены по внешнему контуру. Поэтому она наиболее часто применяется в проектировании самых высоких зданий – 200 метров и выше.

Основной оболочковой системе сопутствуют две комбинированные – оболочково-ствольная («труба в трубе») система и оболочково-диафрагмовая («пучок труб») система. Как в основной – оболочковой, так и в комбинированной – оболочково-ствольной в центре плана располагают ствол с размещенными в его пространстве лифтовыми шахтами и холлами.

Различие между вариантами заключается в предусмотренном проекте распределении горизонтальной нагрузки – только на оболочку (при этом ствол работает только на вертикальные нагрузки от перекрытий) либо на оболочку и ствол. В последнем варианте несколько утяжеляются конструкции перекрытий в связи с их включением в работу на горизонтальные воздействия. Тем не менее большинство высотных зданий оболочкового типа построено на оболочково-ствольной системе, хотя отдельные выдающиеся объекты (например, 100-этажное здание Хэнкок-билдинг в Чикаго) имеют основную оболочковую конструктивную систему.

При дальнейшем возрастании высоты здания жесткость рассмотренных конструкций оболочек может быть недостаточной. С этой

целью предложено устройство оболочек из перекрестно-стержневых структур с такой же конструкцией горизонтальных аутригеров-ростверков.

Средством повышения жесткости оболочки может служить также переход от оболочковой к оболочково-диафрагмовой конструкции («пучку труб»). Конструкцию оболочки выполняют как из стальных элементов, так и из железобетона. Железобетонные оболочки выполняют монолитными или сборными, но чаще всего из конструктивно-легкого бетона, совмещая несущие и теплоизолирующие функции стены. В последние годы оболочки в Европе выполняют преимущественно монолитными – из тяжелого бетона (перфорированная стена) с последующим утеплением и внешней облицовкой.

С развитием новых технологий и внедрением современных строительных материалов стало возможным применение ограждающих конструкций с высокими теплотехническими свойствами и конструктивной системой на основе оболочек для перекрытий обширных помещений (безраспорные, висячие, своды-оболочки, складки, геодезические купола, пространственные системы и т. д.). Наконец, доступной стала и широкая трансформация вертикальных ограждений зданий (в случае необходимости и перекрытий), которые могут «перемещаться» для изменения интерьера или для связи внутреннего пространства с внешней средой.

Вопросы к главе 7

1. Какие вертикальные элементы входят в систему высотного каркаса?
2. Какие факторы оказывают существенное влияние на выбор конструктивной схемы?
3. Какие комбинированные системы сопутствуют основной оболочковой системе? В чем заключается различие между этими системами?

Глава 8. НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

8.1. Фундаменты

Для возведения высотных зданий применяют материалы с особыми качествами. В первую очередь это относится к прочности и деформативности, поскольку именно данные показатели определяют общую прочность остова здания и его устойчивость к различным внешним воздействиям.

Фундаменты должны проектироваться на основе и с учетом:

- 1) результатов инженерных изысканий для строительства;
- 2) сведений о сейсмичности района строительства;
- 3) данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия его эксплуатации;
- 4) нагрузок, действующих на фундаменты;
- 5) окружающей застройки и влияния на нее вновь строящихся сооружений;
- 6) экологических требований;
- 7) технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений для выбора наиболее экономичного и надежного проектного решения, обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов и других подземных конструкций.

Эффективность технического решения фундамента высотного здания существенно возрастает при его заглублении. Высотное здание — это вертикальная консоль, жестко закрепленная в фундаменте, надежность которого гарантирует устойчивость всего сооружения. Суммарная удельная нагрузка на основание может достигать 0,8–1 МПа. Основным правилом для высотных зданий является соблюдение симметричной центрированной нагрузки на фундамент. В высотном строительстве большое распространение получили следующие фундаменты:

— плитный фундамент. Применяется при хорошей несущей способности грунта и является наиболее экономичным для высотного строительства. Выполняется либо сплошным, монолитным, при-

- чем его толщина может доходить до 5 м, либо монолитным железобетонным коробчатым;
- свайный фундамент. Применяется при низкой несущей способности грунта. Могут быть применены сваи-стойки или висячие сваи, которые в зависимости от геологии грунтов и нагрузок на основание могут составлять в диаметре 3–4 м, а в некоторых случаях даже 6 м при длине 30–40 м;
 - свайно-плитный фундамент. При таком фундаменте расположение и длина свай определяются неравномерностью восприятия нагрузок грунтом, от чего зависит плотность свайного поля и толщина плиты. Кроме того, может быть применен комбинированный фундамент под разные части здания в различных сочетаниях. Например, под менее загруженную часть – ленточный, а под ядро – фундамент глубокого заложения. При этом необходимо учитывать разность осадки таких фундаментов.

8.2. Колонны

Стойки каркасных систем – колонны, пилоны и другие аналогичные элементы – возводят с применением высокопрочного и высококачественного бетона.

Конструкция колонн, расположенных по периметру здания со ствольной несущей системой, в значительной мере определяет его способность к сопротивлению действующим нагрузкам.

8.3. Стены высотных зданий

Стены высотных зданий независимо от того, несущие ли это конструкции или диафрагмы жесткости, выполняют из менее прочных бетонов по сравнению с теми, которые применяются для устройства колонн. В высотных зданиях несущую стеновую систему устраивают с применением монолитного бетона. Это обусловлено необходимостью придания остову максимально возможной жесткости, которую технически сложно обеспечить в сборном и сборно-монолитном варианте.

Наружные стены, подвергающиеся в процессе строительства и эксплуатации значительным силовым и температурно-климатическим воздействиям, проектируют с учетом конструктивных систем высотных зданий. В каркасных системах и их разновидностях с колоннами, расположенными по периметру, применяют навесные конструкции. Как правило, это легкие элементы с листовыми обшивками из стали или алюминия и средним теплоизоляционным слоем.

8.4. Легкие штукатурные системы и навесные фасады

Легкие штукатурные системы и навесные фасады традиционной конструкции применяют в относительно невысоких зданиях. Это обусловлено как величиной возникающих усилий, так и сложностью ремонта на большой высоте, в процессе эксплуатации здания.

Распространенными считаются навесные стеновые панели с применением закаленного и армированного стекла. Такие конструкции при требуемой по условиям эксплуатации прочности и жесткости имеют малый вес, что весьма актуально для строений, высота которых может достигать нескольких сотен метров, с точки зрения максимально возможного снижения нагрузок на несущие элементы каркаса, фундаменты и грунты основания. Использование навесных фасадных систем и облицовок сопряжено не только с эксплуатационными качествами, но также с безопасностью людей и сохранностью имущества.

К оконным заполнениям, воспринимающим значительные по величине статические и динамические нагрузки, предъявляют особые требования прочности, безопасности и надежности. Стеклопакеты и рамы должны выдерживать ветровой напор, обеспечивать безопасность находящихся в высотном здании и около него людей. Окна в верхней части делают глухими, поскольку их открывание и закрывание сопряжено не только с достаточно большими физическими усилиями и опасностью получения травм, но и с повреждением или даже разрушением самой конструкции. В нижней части высотных зданий применяют окна с параллельным открыванием наружу на величину не более 10 см.

8.5. Междуэтажные перекрытия

Технические решения междуэтажных перекрытий высотных зданий отличаются большим разнообразием и зависят от конструктивной системы несущего остова, этажности здания, его габаритных размеров в плане и действующих на перекрытия вертикальных и, что особенно важно, горизонтальных нагрузок. При относительно небольшом шаге сетки колонн до 7,2 м, а также в зданиях со стеновыми конструктивными системами применяют плоские монолитные железобетонные перекрытия. Армирование таких конструкций выполняют по направлениям силовых потоков, возникающих в дисках перекрытий от вертикальных и горизонтальных нагрузок. С увеличением шага колонн или стен конструкций прибегают к устройству несущих балок, расположенных в одном или двух направлениях.

Благодаря новым конструктивным решениям стала возможной свободная планировка зданий.

Высотные здания, особенно здания значительной высоты, имеют свою специфику, существенно отличающую их от обычных зданий. С ростом высоты здания резко увеличиваются нагрузки на несущие конструкции. В связи с этим с развитием высотного строительства было разработано несколько конструктивных систем таких зданий:

- каркасная;
- рамно-каркасная;
- поперечно-стеновая;
- ствольная;
- коробчатая;
- ствольно-коробчатая («труба в трубе», «труба в ферме») и др.

В свою очередь, ствольные системы имеют свои разновидности:

- консольное опирание перекрытий на ствол;
- подвешивание внешней части перекрытия к верхней несущей консоли («висячий дом») или его опирание посредством стен на нижерасположенную несущую консоль;
- промежуточное расположение несущих консолей высотой в этаж с передачей в них нагрузки от части этажей.

Стволом или ядром в высотных зданиях является жесткий (монolitно выполненный) лестнично-лифтовой узел.

Выбор той или иной конструктивной системы зависит от многих факторов, основными из которых считаются высота здания, условия строительства (сейсмичность, грунтовые особенности, атмосферные, особенно ветровые, воздействия), архитектурно-планировочные требования. Следует отметить, что, по данным немецких исследователей, ветровые нагрузки в большинстве случаев более значимы, нежели сейсмические воздействия. Одни из наиболее высоких на сегодняшний день зданий – Центр Джона Хэнкока в Чикаго и Международный финансовый центр в Тайбэе – выполнены по схеме «труба в ферме», при которой наружный периметр стен жестко связан со стволом и дополнительно укреплен мощными диагональными связями. В этом случае все здание работает как жесткая консоль, заделанная в тело фундамента.

Для уменьшения колебаний высотных зданий под действием ветрового напора в последние годы стали применять подвешенные в их верхней части инертные массы.

Практикой строительства установлено, что каркасные и рамно-каркасные системы, обладающие ограниченной жесткостью, целесообразно применять в зданиях высотой до 40 этажей, ствольные – до 50–60 этажей, ствольно-коробчатые и коробчатые – до 80–90 этажей, а свыше этого – по схеме «труба в ферме».

Вопросы к главе 8

1. Какие факторы необходимо учитывать при проектировании фундаментов?
2. Каково основное правило для фундаментов высотных зданий?
3. В чем отличие обычных навесных стеновых панелей от панелей с применением закаленного и армированного стекла?
4. От чего зависят технические решения междуэтажных перекрытий высотных зданий?

Глава 9. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В строительстве высоток применяют преимущественно сталь и бетон. В начале «эры небоскребов» для каркасных систем использовали металлические колонны и балки. Профильные элементы соединялись при помощи заклепок или болтов в пространственные структуры. Изобретение железобетона в конце XIX века потеснило сталь, но до середины XX века нельзя было утверждать, что один материал полностью вытеснил другой. И тот и другой применялись в строительстве одновременно.

После Второй мировой войны все чаще высотные здания стали строить из железобетонных конструкций. Они позволяют механизировать монтажно-строительные процессы, а также разнообразить архитектурный облик сооружений. Они обладают большей огнестойкостью, устойчивостью, обусловленной большим весом, быстрым затуханием колебаний.

Стальные конструкции необходимо защищать от воздействия огня при помощи специальных покрытий или бетона. Благодаря своим характеристикам сталь и бетон могут комбинироваться при учете разницы их свойств. Для высоконагруженных несущих конструкций (колонн, стоек, ригелей) применяют железобетон с жесткой арматурой в виде прокатных профилей, а также комбинированные сталебетонные конструкции.

Использование бетона для подобных целей стимулирует совершенствование этого материала. Разрабатываются новые смеси, обладающие специальными качествами. Созданы бетоны классов В80 и В100, по прочности приближающиеся к стали. Широко применяются более низкие классы высокопрочных бетонов В60 и В70, так как с ростом прочности бетона возрастает его стоимость, повышается хрупкость и снижается огнестойкость. Тем не менее применение высокопрочного бетона и его модификаций позволяет сократить расход арматуры до 35 % и обеспечивает набор прочности за двое-трое суток не только в нормальных, но и в зимних условиях без применения электропрогрева. Бетоны высокой консистенции и самоуплотняющиеся бетоны позволяют возводить густоармиро-

ванные конструкции совершенно без вибрации либо с очень небольшим виброуплотнением.

Для возведения высотных зданий применяют материалы с особыми качествами. В первую очередь это относится к прочности и деформативности, поскольку именно данные показатели определяют общую прочность остова здания и его устойчивость к различным внешним воздействиям.

Современные высотные здания возводят из высокопрочного бетона (преимущественно из монолитного бетона и железобетона) и стали. Сборные железобетонные изделия находят ограниченное применение, главным образом в качестве составных элементов сборно-монолитных диафрагм жесткости или несъемной опалубки вертикальных и горизонтальных несущих конструктивных элементов.

Для стеновых систем используют высокоподвижные и литые бетоны класса по прочности на сжатие не ниже С30/37.

9.1. Колонны

Стойки каркасных систем — колонны, пилоны и другие аналогичные элементы — возводят с применением так называемого высокопрочного (HSC — High Strength Concrete) и высококачественного (HQC — High Quality Concrete) бетона, прочность на сжатие которого достигает 100 МПа и более. Это бетоны с заданными свойствами, определенными из условий технологии производства работ и обеспечения требований безопасности, в том числе в случае пожара. Для бетонирования элементов, густо насыщенных арматурой, применяют литые самоуплотняющиеся бетонные смеси, модифицированные химическими добавками в зависимости от технологии производства бетонных работ. Так, например, при бетонировании больших массивов, таких как фундаменты высотных зданий, имеющие объемы до нескольких тысяч кубометров, в бетоны вводят замедлители схватывания, которые препятствуют разогреву свежееуложенного бетона за счет тепла, выделяемого при гидратации цементного камня.

Для повышения огнестойкости высокопрочного бетона, для которого характерно взрывное хрупкое разрушение при высокотем-

пературном нагреве, в состав бетонной смеси вводят полимерный наполнитель. При нагреве полимерные волокна плавятся и искусственно создают поризацию цементного камня, которая, в свою очередь, обеспечивает возможность расширения водяных паров без отрыва поверхностных участков бетона.

В современных небоскребах крайне редко можно встретить чисто стальные или железобетонные в традиционном понимании (с обычным процентом армирования) конструкции. Габаритные размеры колонн и количество рабочей арматуры определяются целым рядом факторов и зависят от тех конкретных требований, которые инженер предъявляет к несущей системе здания. Варьируя прочность бетона и количество продольного армирования, можно добиться оптимизации конструктивных решений и минимизации их стоимости без снижения надежности, что для высотных зданий весьма и весьма актуально. При недостаточной несущей способности, жесткости или продольной устойчивости стоек каркаса применяют сталебетонные колонны с внешней стальной оболочкой либо с внутренней жесткой арматурой. Такие решения позволяют также повысить и огнестойкость конструкций.

Конструкция колонн, расположенных по периметру здания со ствольной несущей системой, в значительной мере определяет его способность к сопротивлению действующим нагрузкам. Для гашения ускорений и уменьшения амплитуды колебаний верхних этажей в этих местах устраивают колонны с демпфирующими свойствами, которые способствуют ограничению раскачивания строения. Такие колонны в сочетании с уже упоминавшимися аутригерными балками в несущей системе башен Petronas Twin Towers позволили ограничить до требуемых значений отклонения по горизонтали и отказаться от устройства маятниковых демпферов.

9.2. Стены

Стены высотных зданий независимо от того, несущие ли это конструкции или диафрагмы жесткости, выполняют из менее прочных бетонов по сравнению с применяющимися для устройства колонн, однако, как правило, прочность бетона в стенах составляет

не менее 40 МПа. В высотных зданиях несущую стеновую систему устраивают с применением монолитного бетона. Это обусловлено необходимостью придания остову максимально возможной жесткости, которую технически сложно обеспечить в сборном и сборно-монолитном варианте.

В зданиях большой этажности особенность стеновых систем заключается в повышенной чувствительности к неравномерным деформациям силового и усадочного характера. Эти деформации в сочетании с традиционно небольшим процентом армирования могут привести к образованию трещин и нарушению сплошности стеновых конструкций. И если в обычных зданиях подобные дефекты не оказывают существенного влияния на работу здания, то в высотных строениях они могут заметно изменять жесткостные параметры несущего остова и снижать его сопротивление силовым и температурно-климатическим воздействиям.

В местах пересечения или сопряжения стен разных направлений для уменьшения влияния концентраторов напряжений в виде входящих углов устраивают вуты, которые дополнительно армируют для повышения трещиностойкости наиболее уязвимых участков конструкции.

В последнее время получили распространение навесные стеновые панели с применением закаленного и армированного стекла. Такие конструкции при требуемой по условиям эксплуатации прочности и жесткости имеют малый вес, что весьма актуально для строений, высота которых может достигать нескольких сотен метров, с точки зрения максимально возможного снижения нагрузок на несущие элементы каркаса, фундаменты и грунты основания.

Элементы наружного ограждения изготавливают на специальном оборудовании, обеспечивающем заданную точность с минимальными допусками, измеряемыми миллиметрами. Такие требования обусловлены необходимостью обеспечения надежного крепления стеновых панелей к каркасу и исключением податливости в соединениях, недопустимых в условиях значительных динамических и знакопеременных нагрузок.

В высотных зданиях с несущим остовом на основе вариантов стеновых систем наружные стены могут устраиваться с примене-

нием как навесных панелей, так и различных фасадных систем. В последнем случае наружные стены должны иметь несущую часть, к которой эти системы крепят механически с помощью дюбелей, анкеров и др. Легкие штукатурные системы и навесные фасады традиционной конструкции применяют в относительно невысоких зданиях. Это обусловлено как величиной возникающих усилий, так и сложностью ремонта, особенно на большой высоте, в процессе эксплуатации здания. Следует отметить, что проблемы использования навесных фасадных систем и различного рода облицовок сопряжены не только с эксплуатационными качествами, но также с безопасностью людей и сохранностью имущества, например автотранспорта, припаркованного вблизи здания. Падение облицовочной плитки с высоты более ста метров может иметь эффект, аналогичный прямому попаданию пули из боевого оружия.

9.3. Междуэтажные перекрытия

При шаге несущих конструкций более 9 м применение плоских или ребристых монолитных железобетонных перекрытий с обычной стержневой арматурой становится экономически и технически нерациональным. В этом случае используют ребристые перекрытия, в которых балки армируют жесткой арматурой из прокатных или сварных стальных профилей. Использование жесткой арматуры в первую очередь продиктовано необходимостью ограничения прогибов, а также повышения огнестойкости перекрытия.

Несмотря на достаточно высокие технико-экономические и эксплуатационные показатели монолитного железобетона, такие конструкции имеют достаточно большой собственный вес, что в ряде случаев приводит к дополнительному увеличению материалоемкости колонн и фундаментов. В практике строительства высотных зданий в США и ряде других стран получили распространение сталебетонные сборно-монолитные конструкции перекрытий. Они представляют собой систему несущих стальных балок (балочную клетку), объединенных по верху монолитной железобетонной плитой. Для устройства плиты применяют несъемную опалубку из

профилированного стального настила, который в замоноличенной конструкции выполняет функции внешнего армирования.

Для обеспечения требуемой огнестойкости междуэтажных перекрытий все открытые стальные конструкции должны быть защищены от огневого воздействия. Противопожарную защиту выполняют с помощью специальных изделий, например из каменной ваты, а также различных обмазок, вспучивающихся при высокотемпературном нагреве. Обычно устройство такой защиты стальных конструкций от огня не вызывает проблем, поскольку все элементы перекрытия расположены в пространстве между плитой и подвесным потолком, который также может быть выполнен из огнестойких материалов.

Каркасная система, ставшая базовой при строительстве высоток, изменила и принципиальное решение наружных ограждающих конструкций. Толстые массивные стены уступили место легким конструкциям, опирающимся на межэтажные перекрытия либо подвешивающимся к ним и выполняющим функцию защиты от климатических, атмосферных факторов, а также обеспечивающим тепловую изоляцию. С развитием фасадных технологий со второй половины XX века появилась возможность использовать легкие профильные системы с заполнением панелями из алюминия, специального стекла, полимерных материалов. В современных высотках широко применяют вентилируемые системы, отделанные натуральным или искусственным камнем, декоративными металлическими листами, фибробетонными экранами и другими материалами.

Требования к фасадным системам, предназначенным для высотного домостроения, значительно превосходят требования к ограждающим конструкциям обычных домов благодаря многократному возрастанию всех видов нагрузок — как динамических, так и климатических. Фасады высоток должны быть воздухо- и паронепроницаемыми, погодостойкими, огнестойкими, технологичными, шумоизоляционными, долговечными и надежными в эксплуатации, ремонтпригодными, а также обладать хорошими теплоизоляционными свойствами, низким коэффициентом температурного расширения и небольшой массой.

Фасадные конструкции должны не только выдерживать прямое давление ветра (до 20–25 м/с), но и сопротивляться усилиям на от-

рыв, возникающим при движении воздуха вдоль стены и появлении зон отрицательного давления из-за турбулентности. Климатическое воздействие на фасадные системы не ограничивается ветром. В зависимости от климатических условий на конструкции могут оказывать воздействие солнечная радиация, ливневые дожди, грозы и смог. Фасадные системы постоянно совершенствуются, разрабатываются новые технологии изготовления и монтажа конструкций, материалы (керамика в комбинации с боросиликатным стеклом, панели из металлической пены, нанокompозиты, стеклянные панели с супергидрофобным самоочищающимся слоем и т. д.).

Совершенствуются и стыковые соединения, узлы крепления и внешний дизайн. Особую роль в истории высотного строительства сыграли светопрозрачные ограждающие конструкции. Возможность сделать максимально прозрачными наружные стены придавала идее сверхвысоких зданий особое значение. Вид с высоты птичьего полета можно было получить, просто сидя в кресле за рабочим столом на 40-м этаже небоскреба.

С развитием конструктивных систем, позволяющих строить все более высокие и сложные структуры с наружными раскосными решетками, ограждающие конструкции вновь стали выполнять несущую функцию. Пространственные стальные и бетонные скелеты с диагональными распорками взяли на себя часть веса здания. При этом стеклянные фасады сохранили за собой главную роль — ограждающей и защищающей сооружение оболочки.

Светопрозрачные системы для высотных зданий проектируются с соблюдением нескольких условий. Профильные несущие элементы для увеличения прочностных качеств и долговечности, как правило, изготавливаются из стали. В светопрозрачном заполнении используются особо прочные, жаростойкие, низкоэмиссионные и солнцезащитные стекла. Окна традиционной конструкции при использовании в высотных зданиях не обеспечивают требуемого сопротивления воздухопроницанию, поэтому разрабатываются специальные конструкции заполнения световых проемов. Во всем мире широко применяются системы double skin с внешними защитными экранами из особо прочного стекла. Они позволяют делать внутреннее остекление частично или полностью открывающимся.

В обычных одинарных фасадах стеклянные конструкции делаются неоткрывающимися из соображений безопасности и из-за сильных воздушных потоков вокруг здания. В них применяют окна с воздухозаборными клапанами.

Вопросы к главе 9

1. С соблюдением каких условий проектируются светопрозрачные системы для высотных зданий?
2. Какой класс по прочности на сжатие высокоподвижных и литых бетонов используют для стеновых систем и стоек каркасных систем?
3. Каковы требования к фасадным системам, предназначенным для высотного домостроения?

Глава 10. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ

Одними из основных требований, предъявляемых к высотным зданиям, как показала мировая практика, являются требования комплексной безопасности, предусматривающие обеспечение путей эвакуации при кризисных ситуациях, противопожарные и антитеррористические мероприятия, надежный контроль и управление всеми системами инженерного оборудования, дублирование ряда систем жизнеобеспечения и др.

Повышенные ветровые нагрузки, неравномерно воздействующие на фасады, меняют воздушно-тепловой режим высотных сооружений. Требуют специального изучения и принятия нестандартных решений следующие факторы, влияющие на проектирование инженерных систем высотных зданий: устройство противодымной защиты при пожаре, систем теплоснабжения, отопления, вентиляции, систем автоматизации и управления, решение проблем безопасности и психологического дискомфорта.

Разработаны общие рекомендации, которые легли в основу новых строительных нормативов, посвященных высотным зданиям. Необходимо заметить, что каждая страна имеет собственные стандарты, но общие принципы едины для всех.

Во-первых, использование в основных несущих конструкциях материалов повышенной огнестойкости. Конструктивное решение должно исключить прогрессирующее обрушение при потере прочности отдельных несущих строительных конструкций (в течение времени эвакуации и проведения спасательных работ), в том числе при пожарах, вследствие чрезвычайных ситуаций и террористических действий. Важны также огнестойкость и химическая безопасность отделочных материалов. Необходимо создать и специализированные объемно-планировочные решения – выделить отдельные площади, пожарные отсеки и пр. По нормам, надземная часть здания должна иметь пожарные отсеки через каждые 50 м (16 этажей).

Во-вторых, при проектировании следует предусматривать безопасные пути эвакуации при эффективном дымоудалении. Необходимо иметь средства индивидуальной защиты и спасения людей, спасательное оборудование.

В-третьих, и это, пожалуй, самое главное, необходима эффективная система пожаротушения. Она должна быть надежной, автономной и достаточно мощной. Для этого простых гидрантов уже недостаточно. Сегодня противопожарные системы – это сложнейшие конгломераты насосного оборудования, трубопроводов, объединенные суперсовременной автоматикой.

Рассмотрим некоторые особенности отдельных систем комплекса инженерного обеспечения высотного здания. Размещение инженерного обеспечения и оборудования (шахт инженерных сетей, лестниц, санитарно-технических узлов) должно обеспечивать максимальную скорость решений возможных проблем. Инженерное оборудование устанавливают в специально предусматриваемых технических этажах. Обычно на 8, 12 типовых этажей приходится один технический.

Инженерные коммуникации прокладывают в вертикальных шахтах и горизонтальных каналах, под которые используют свободное пространство в пределах габаритов колонн и межбалочного пространства перекрытий.

Нестабильные по высоте и контрастные по ориентации фасады здания в условиях воздушно-теплого режима изменяют условия воздухообмена, провоцируют «опрокидывание тяги». Для ограничения вертикальных и горизонтальных путей перетекания воздуха используются промежуточные технические этажи, предусматривается шлюзование при выходе из них на лестничные клетки и в лифтовые холлы, а также шлюзование входов в здание, двойные двери при входе в квартиры, повышенная герметизация междуэтажных перекрытий и шахт.

Уровень теплозащиты жилых высотных зданий должен соответствовать требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Системы отопления для жилой части проектируются раздельными по вертикальным пожарным отсекам и для групп помещений другого назначения (общественные и др.). При воздушном отоплении теплоносителем служит воздух, нагретый до температуры более высокой, чем в отапливаемом помещении. Как правило, используется схема, при которой нагретый воздух подается непосредственно в помещение и, смешиваясь с внутренним воздухом, повышает его температуру.

Высотность требует определенного числа лифтов большой грузоподъемности и емкости, при этом они должны быть обозреваемы и быстро доступны из одного холла. Требуется предусматривать несколько групп лифтов и, соответственно, лифтовых холлов с обычными и скоростными лифтами. При этом в высотных зданиях предусматриваются три блока пассажирских лифтов, обслуживающих разные уровни этажей. Переход из одного блока в другой осуществляется в переходных холлах.

В качестве альтернативы переходным холлам в высотных зданиях применяются двухсекционные лифты. Благодаря такому решению обеспечивается существенное сокращение пространства, отводимого в ядре здания для шахт лифтов. Каждый лифт имеет две кабины. Одна обслуживает четные этажи, а другая – нечетные. Наиболее часто двухсекционные лифты применяются в сверхвысоких зданиях в комбинации с переходными холлами.

Расчет лифтов осуществляется исходя из времени ожидания, которое составляет 30 с для офисной части здания и 40 с для жилого здания. Расчет количества сотрудников офисной части здания принимается из 8 м² общей площади на одного человека. Расчет количества людей, проживающих в гостинице, определяется по номерному фонду. Количество проживающих в жилых зданиях соответствует планировочным решениям жилой ячейки и в целом составляет 3 человека на одну квартиру. Зная скорость передвижения лифтов и этажность, можно определить количество лифтов. Площадь кабин принимается 0,2 м² на одного человека.

10.1. Противодымная защита при пожаре

Жилая часть здания разделяется на пожарные отсеки высотой не более 50 м и площадью этажа не более 2400 м². Каждый пожарный отсек жилой части здания отделяется от другого пожарного отсека техническим этажом (с перекрытиями REI 90) или противопожарным перекрытием (REI 180).

Для каждого пожарного отсека проектируются самостоятельные системы: отопление, противопожарный и общий водопровод, противодымная и общеобменная вентиляция, противопожарная автомати-

ка. Шахты инженерных коммуникаций (в том числе мусоропроводов) жилой и нежилой частей здания выполняются отдельными.

Для противоподымной защиты жилой части здания предусматриваются:

- системы дымоудаления из поэтажных коридоров с учетом разделения дома на пожарные отсеки;
- системы подпора воздуха в отсеках незадымляемых лестничных клеток типа Н2;
- системы подпора воздуха в тамбур-шлюзы в подвале перед лифтами и лестничными клетками;
- системы подпора воздуха в шахты лифтов.

Пределы огнестойкости шахт дымоудаления предусматриваются не менее REI 180, коммуникационных шахт – не менее REI 180 (если они пересекают границы пожарного отсека), REI 90 (если они не пересекают границы пожарного отсека). При этом теплоизоляция оборудования, коммуникаций, а также трубопроводы инженерных систем должны быть изготовлены из негорючих материалов. Трубопроводы отопления и водоснабжения в пределах квартиры (кроме стояков) могут выполняться из горючих материалов группы Г1 и Г2. При пересечении противопожарных стен и перекрытий воздуховодами систем вентиляции предусматривается установка противопожарных клапанов с пределом огнестойкости REI 90 и с выводом информации о положении клапанов на пульт в диспетчерскую.

10.2. Теплоснабжение и отопление

Теплоснабжение систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования (далее – системы внутреннего теплоснабжения) осуществляется, как правило, от тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения города.

Допустимо принимать автономные источники теплоснабжения, в которых в качестве топлива используется природный газ.

Для систем внутреннего теплоснабжения обеспечивается бесперебойная подача тепла в количестве не менее требуемого расхода на отопление здания. 100%-е резервирование подачи тепла для

всех систем может приниматься по заданию на проектирование. Присоединение внутренних систем здания к тепловым сетям осуществляется:

- для систем отопления и приточной вентиляции по независимой схеме через теплообменники с автоматическим регулированием температуры теплоносителя по графику;
- для системы горячего водоснабжения через теплообменники с использованием сетевой обратной воды от систем внутреннего теплоснабжения и с автоматическим регулированием температуры горячей воды.

Для каждой группы систем отопления и вентиляции предусматривается не менее двух теплообменников. Причем для систем отопления теплообменники подбираются со 100%-м резервом по поверхности нагрева. Необходимость резервирования поверхности нагрева для теплоснабжения систем вентиляции и горячего водоснабжения определяется заданием на проектирование. Системы внутреннего теплоснабжения жилой и общественной частей здания (для каждой зоны, соответствующей пожарному отсеку) присоединяются по самостоятельным трубопроводам от распределительного и сборного коллекторов или от своего теплообменника. При необходимости для каждой группы потребителей могут устанавливаться теплосчетчики.

Системы отопления для жилой части проектируются отдельными по вертикальным пожарным отсекам и для групп помещений другого назначения (общественные и др.). Гидростатическое давление системы отопления каждой зоны не должно превышать расчетного рабочего давления используемых отопительных приборов и арматуры.

В жилых высотных зданиях предусматриваются регулируемые системы отопления с установкой автоматических регуляторов прямого действия у каждого отопительного прибора по следующим схемам:

- вертикальная однотрубная или двухтрубная с разводкой магистральных трубопроводов по техническим этажам и, как правило, установкой приборов учета тепла на каждую систему;
- двухтрубная поквартирная с установкой приборов учета тепла для каждой квартиры.

Для компенсации удлинения труб двухтрубных систем отопления в средней части стояков устанавливаются компенсаторы. Для компенсации удлинения каждого стояка в пределах этажа однотрубной системы используются изгибы труб при смещенном замыкающем участке.

10.3. Вентиляция и кондиционирование

Системы вентиляции жилой части высотного здания следует проектировать отдельными для каждого пожарного отсека.

Воздухообмен в квартирах следует принимать в объеме не менее одной из величин:

- 30 м³/ч наружного воздуха на одного человека в части здания с открываемыми окнами;
- 60 м³/ч наружного воздуха в части здания с неоткрываемыми окнами.

Допускается применение приточно-вытяжных систем как с естественным, так и с механическим побуждением.

Возможно использование комбинированных систем с естественным побуждением в осенне-зимний период года при температуре наружного воздуха ниже 5 °С и с механическим побуждением в теплый период года. Какой же системе следует отдать предпочтение?

Особенности работы каждой системы подробно описаны В.И. Ливчаком. В России для зданий повышенной этажности в основном применялись системы вытяжной вентиляции с естественным побуждением и за счет неорганизованного притока воздуха через форточки, а при закрытых окнах — за счет инфильтрации через неплотности оконных коробок.

Скандинавские и некоторые другие европейские страны (Франция, Германия), по крайней мере с 1995 года, достаточно часто применяют вытяжную вентиляцию с принудительным побуждением и с неорганизованным притоком воздуха под естественным давлением через приточные устройства с клапанами в наружных стенах либо через гидростатические приточные клапаны в конструкции оконной коробки, либо с механической приточной вентиляцией.

В современных зданиях, в том числе в зданиях высотных, ограждающие конструкции (покрытия, стены, окна) обеспечивают высокий уровень теплозащиты от воздействия наружного климата. Потери тепла сократились в три раза. При этом воздухопроницаемость новых окон настолько уменьшилась, что при закрытых окнах практически отсутствует инфильтрация и, конечно, не обеспечивается нормируемый воздухообмен, возникает синдром герметичных зданий — духота и повышенная влажность в квартирах, плесень на стенах. Кроме того, во многих квартирах устанавливаются вытяжки-воздухоочистители на кухнях с индивидуальным вентилятором, что приводит к «опрокидыванию» движения воздуха в общем вертикальном канале и к проникновению загрязненного воздуха в чужие квартиры.

Усложняет работу встроенных в наружные ограждения приточных устройств активное ветровое воздействие на высотное здание, возникающие мощные турбулентные потоки у стен. Очевидно, что в этих условиях более надежно и стабильно будут работать системы вентиляции с искусственным побуждением. Системы вытяжной вентиляции проектируются с общим вентилятором для групп помещений одного назначения (кухонь, туалетов, ванных комнат), размещаемых друг над другом по вертикали, с переменным расходом удаляемого воздуха (путем изменения числа оборотов вентилятора по датчику давления в воздуховоде) в зависимости от количества открываемых клапанов в обслуживаемых системой квартирах. Нормальную работу систем обеспечит повышенная герметичность поэтажных и сборных каналов (для исключения подсосов), междуэтажных перекрытий и входных дверей в квартиры, а также тщательный аэродинамический расчет системы с повышенным сопротивлением поэтажных ответвлений и предельно допустимым сопротивлением общих участков, рассчитанным с учетом естественного давления.

Подача приточного воздуха обеспечивается от центральной установки, в которой воздух очищается и подогревается. Возможно устройство приточной системы с переменным расходом подаваемого воздуха в зависимости от включения вытяжных устройств в квартирах или общего вентилятора вытяжной системы. Приготовление приточного воздуха может обеспечиваться также в индивидуальных

приточно-вытяжных установках, размещаемых непосредственно в квартире (в подшивных потолках кухни, санузлов, коридора), с утилизацией теплоты удаляемого из квартиры воздуха и регулированием температуры приточного воздуха в каждой квартире.

При необходимости можно создать более комфортные условия для проживания – предусмотреть охлаждение воздуха в теплый период года. Наиболее простой вариант – установка в квартире кондиционера раздельного типа (сплит-системы). При этом при проектировании следует предусматривать специальные места для установки наружных блоков, чтобы не нарушать архитектурный облик зданий. Другой вариант – центральная система холодоснабжения, при которой в квартирах имеется возможность подключать индивидуальные охладители (вентиляторные доводчики) с охлажденной водой, приготовляваемой в одной холодильной установке на секцию.

10.4. Системы автоматизации и диспетчеризации

Систему автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования рекомендуется выполнять единой для всего здания, строить по модульному принципу, предусматривая возможность для подключения новых зон, областей контроля или управления в систему диспетчеризации или эксплуатации.

Система должна обладать высокой надежностью и строиться на базе децентрализованной локальной сети по пожарным отсекам. К системам и комплексам, подлежащим автоматизации в высотных зданиях, относятся до 20 систем.

Система автоматизации противодымной защиты при пожаре выполняется на основе требований действующих документов с учетом основных мероприятий по обеспечению противопожарной защиты жилой части высотных зданий.

Диспетчеризация выполняется в соответствии с техническими условиями на подключение к системе диспетчеризации и в объеме, заданном заказчиком.

Вопросы к главе 10

1. Сколько м³/ч должен составлять воздухообмен в квартирах на одного человека с открываемыми и неоткрываемыми окнами?
2. Что приводит к «опрокидыванию» движения воздуха в общем вертикальном канале?
3. Какое количество систем относится к системам и комплексам, подлежащим автоматизации в высотных зданиях?

Глава 11. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

Помимо общих особенностей проектирования высотных зданий, радикальное влияние на их объемно-планировочные решения, естественно, оказывает их функциональная принадлежность: офис, гостиница, жилой дом, многофункциональный комплекс.

Здания офисов составляют преобладающую группу сооружений в высотном строительстве.

Именно для размещения аппарата управления и банков в конце XIX в. сформировался высотный тип здания. Планировочная структура таких зданий постепенно изменялась от жесткой (одно- или двухкоридорной) к гибкой, закрепившейся на длительный срок (с конца 1950 по 1990 г.). Различие между жесткой и гибкой планировками состоит в стационарной фиксации пространства горизонтальных коммуникаций (коридоров, холлов, галерей) в зданиях с жесткой планировкой при допущении перестановки сборно-разборных перегородок между отдельными кабинетами. В зданиях гибкой планировки жестко закреплено только размещение узлов вертикальных коммуникаций и санитарных помещений. Все остальное пространство этажа делят лишь расстановкой мебели, фиксирующей размещение отдельных групп служащих. Иногда в пространстве этажа легкими перегородками выделяют несколько небольших кабинетов для руководства.

Выделение пространства этажа озеленением определило возникновение термина «ландшафтное бюро» для офисов с гибкой планировкой. Возможность применения гибкой планировки определялась отсутствием в нормах проектирования большинства стран требований к естественному освещению рабочих мест и противопожарных ограничений к величинам площадей рабочих залов и помещений. Необходимые параметры микроклимата по освещенности, температурно-влажностному режиму, скорости движения воздуха, акустическому режиму обеспечивались только инженерно-техническими средствами (искусственное освещение, кондиционирование воздуха, звукоизоляция, звукопоглощение и пр.).

К концу XX в. постепенно изменялись планировочные решения высотных офисов за счет устройства атриумов. Наиболее радикаль-

но они отразились в проекте коммерческого банка во Франкфурте-на-Майне, возведенного в 1997 г. по проекту Н. Фостера. Автор назвал свое произведение «первым экологически чистым офисом». Основаниями для такого утверждения послужили:

- полноценное естественное освещение рабочих мест при введении атриума;
- естественная аэрация рабочих мест через атриум;
- введение в структуру планировки отдельных этажей зимних садов в качестве мест психологической разгрузки и зон поступления приточного наружного воздуха для аэрации рабочих помещений.

Жилые здания. Жилые высотные здания составляют в общем объеме высотного строительства незначительную часть, их высота, по статистике, в пределах от 30 до 70 этажей (при преобладании 30–40-этажных). Основным функциональным требованием в проектировании жилищ является необходимость естественного освещения всех комнат квартиры на глубину до 6 м. Это обстоятельство определяет малую ширину корпуса жилых зданий, что входит в противоречие с требованиями развития ширины здания для обеспечения его устойчивости при ветровых воздействиях либо приводит к неэффективному использованию пространства здания.

В связи с присущим широкой практике компактным размещением высотных объектов в деловых центрах городов включение высотных жилых зданий в эту застройку недостаточно удобно и престижно.

Гостиницы. Гостиничные комплексы строят высотными чаще, чем жилые дома, и располагают их не только в деловых центрах, но и в зонах транспортных узлов (вокзалов, аэропортов) и туристических районах.

Объемно-планировочное решение гостиниц подчинено общему для высотного строительства требованию компактности конфигурации плана: треугольного, прямоугольного, овального, круглого. В последнем применяют радиально-центричное или ортогональное размещение номеров. Но компактная форма даже при большой этажности не дает возможности резко (до 800–1000 мест) повысить вместимость гостиниц. Наряду с компактной формой получили распространение узловая и атриумная схемы планировки.

Быстрое распространение атриумной планировочной схемы связано с ее архитектурными, техническими и экономическими преимуществами. Она позволила престижно и выразительно решить архитектурно-пространственную организацию здания. При этом создавалось представительное и удобное общее пространство крытого атриума, увеличивалась вместимость гостиницы, обеспечивалась экономия энергозатрат.

Многофункциональные высотные здания стали формироваться с начала XX в. Однако наибольшее распространение они получили позднее. Классическим примером многофункционального сооружения стало здание Pan-American Building (Пан-Американ билдинг), построенное в 1958 г. в Нью-Йорке по проекту В. Гропиуса. Под зданием располагалась узловая станция на пересечении двух линий метрополитена, на крыше – вертолетная площадка, а между верхней и нижней отметками расположились помещения торговли, офисов, гостиниц и т. п. Рекорд высоты и многофункциональности Pan-American Building был побит в 1969 году высотным зданием John Hancock Center (Центр Джона Хэнкока) в Чикаго. В здании предусмотрены помещения торговли, паркинги, офисы, квартиры, рестораны, обсерватория, телевизионные студии и антенна. Башня имеет форму усеченной пирамиды с размерами в основании 40×60 м. В связи с этим размещение жилой зоны в верхней суженной части пирамиды обоснованно, так как позволяет избежать неэкономичной планировки квартир с большими подсобными площадями, не имеющими естественного освещения. Сами же квартиры весьма скромной планировки, преимущественно однокомнатные, что характерно для жилища в высотных домах делового центра городов.

К концу XX в. число функций в высотных зданиях заметно сокращается. Характерным остается сочетание двух функций. Чаще всего это сочетание по высоте гостиниц и офисов при расположении жилых номеров на верхних отметках. Хотя иногда встречается и обратное решение. Растет число монофункциональных зданий – офисов или отелей, вторая функция которых (торговля и развлечения) концентрируется только в первых этажах.

Обязательным является размещение между разными функциональными зонами технического этажа.

Уникальным остается функциональное расчленение здания на конторы и квартиры по всей высоте сооружения. Такое решение было реализовано архитектором Ф.Л. Райтом в Башне Прайса (Price Tower) в г. Бартлсвилле (Оклахома). Что обеспечило индивидуальность облика здания и изоляцию жилой зоны от офисной благодаря изолированным входам и лифтам.

Высотные здания сверх 25 этажей особенно подвержены воздействию факторов окружающей среды (ветра, шума, загрязненности и температуры воздуха), у стен здания возникают мощные турбулентные потоки, затрудняющие даже подходы к ним.

Следует отметить, что воздействие факторов внешней среды на высотное здание меняется в зависимости от высоты. Например, скорость ветра по мере отрыва от земли увеличивается от расчетной величины 4 м/с до 7,5 м/с на уровне 35-го этажа. Удаленные шумы могут увеличивать шумовое воздействие на высоких этажах, шумовой режим в высотных зданиях может ухудшиться от звуков взаимодействия ветра с ограждениями открытых лоджий, окон, от шума лифтов, мусоропровода.

На нижних этажах наблюдается приток воздуха снаружи, на верхних этажах – эксфильтрация. Таким образом создается переток загрязненного воздуха с нижних этажей на верхние.

Выше уровня 16–20 этажей использование обычных открытых лоджий сводится к минимуму. В зданиях свыше 20–22 этажей рекомендуется в целях безопасности предусматривать окна с неоткрываемыми наружными створками.

Внутри высотных зданий возникают также неуправляемые воздушные потоки, отрицательно воздействующие на работу систем вентиляции.

Уровень теплозащиты жилых высотных зданий должен соответствовать требованиям для второго этапа энергосбережения. Особого внимания требуют теплотехнические расчеты ограждающих конструкций, имеющих разные теплопроводные включения (железобетонные переемы, сквозные швы из раствора, стыки панелей, откосы проемов и др.). Важно правильно оценить коэффициент теплотехнической однородности. Потери тепла в здании из-за неоднородности ограждающих конструкций могут увеличиться на 20–30 %.

Высотные здания существенно дороже многоэтажных. На их удорожание оказывает влияние целый ряд факторов, отражающихся на объемно-планировочном решении высотных зданий, что и приводит к увеличению их стоимости. К этим факторам относятся:

- частичная утрата рабочих площадей высотных зданий из-за размещения в их объеме горизонтальных несущих конструкций (ростверков, консолей), занимающих пространство отдельных этажей;
- затраты 20–30 % кубатуры здания на размещение вертикального транспорта и его обслуживание (лифтовые холлы, лифтовые шахты, машинные отделения и пр.);
- устройство технических этажей для размещения инженерного оборудования (насосных станций, зональных элементов внутреннего теплоснабжения, вентиляционных систем, элементов хозяйственно-питьевого и пожарного водоснабжения и пр.);
- устройство горизонтальных пожарных отсеков для временного пребывания людей во время пожара.

Безусловно, при проектировании высотных зданий следует принимать экономически оправданные технические решения, однако при этом они не должны снижать надежности сооружения и превращать его в источник повышенной опасности для людей и окружающей среды.

Вопросы к главе 11

1. Какие факторы отражаются на объемно-планировочном решении высотных зданий и приводят к увеличению их стоимости?
2. Чем обосновывается необходимость применения гибкой планировки?
3. В чем заключается основное функциональное требование в проектировании жилых высотных зданий?
4. Какое требование является обязательным для взаимосвязи разных функциональных зон высотных зданий?

Глава 12. МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Практика показывает, что на организацию механизации работ при строительстве высотного здания и выбор транспортных средств оказывает влияние целый ряд факторов, главнейшими из которых являются:

1. Характер применяемых для строительства материалов, полуфабрикатов и готовых элементов конструкций и деталей с точки зрения их объема, веса и других данных, а также общее их количество.
2. Максимальный, минимальный и средний вес элементов, подлежащих подъему; способы соединения между собой отдельных элементов.
3. Общая компоновка и габариты в плане, а также высота отдельных частей здания, наличие или отсутствие уступов по высоте, ширина этих уступов и пр.
4. Допускаемые нагрузки, принятые при расчете перекрытий, влияющие на выбор транспортного оборудования с учетом его веса и грузоподъемности.
5. Технологическая последовательность отдельных строительных процессов по каждой части здания, а также методы их выполнения.
6. Сроки производства отдельных работ в различных частях здания, количество рабочих смен и интенсивность расходования материалов по отдельным местам.
7. Род внешнего транспорта, доставляющего материалы, полуфабрикаты и конструктивные детали на площадку, и возможные варианты расположения на площадке путей внешнего транспорта.
8. Тип транспортной тары, в которой груз доставляется на площадку.
9. Расположение на площадке складов материалов, полуфабрикатов, деталей и элементов конструкций, а также путей внутрипостроечного транспорта.
10. Расстояния от возможных пунктов приема материалов и полуфабрикатов до рабочего места в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Основными путями совершенствования технологии и организации строительства высотных инженерных сооружений из моно-

литного железобетона, способствующими снижению трудоемкости, стоимости и возрастанию темпов работ, являются повышение технического уровня производства опалубочных, бетонных и арматурных работ, обеспечение организационно-технологической надежности строительного производства, повышение уровня механизации не только основных процессов, но и работ, для выполнения которых в настоящее время затрачивается немеханизированный труд.

При возведении монолитных конструкций основные затраты труда приходятся на приготовление бетонной смеси, ее транспортирование и укладку.

Специфика строительства высотных сооружений из монолитного железобетона предъявляет особые требования к качеству бетона (его подвижности, времени твердения, однородности и т. п.).

В настоящее время бетонную смесь доставляют на объект строительства в обычных автосамосвалах, предназначенных для перевозки сыпучих материалов и грунта. Смесь зачастую расслаивается, а часть цементного раствора теряется из-за неплотности соединения открывающегося заднего борта с кузовом. Вот почему необходимо перевозить бетонную смесь в автобетоновозах с кузовами специальной формы, обеспечивающими доставку смеси на объекты без расслоения, ее быструю и беспрепятственную выгрузку.

Целесообразным является также транспортирование сухой смеси, перемешиваемой с водой непосредственно перед доставкой к месту укладки, в автобеномешалках.

Расчеты показывают, что стоимость транспортирования бетонной смеси в автобетоновозе емкостью 3 м³ на 10–15 % ниже стоимости перевозки смеси в автосамосвале той же грузоподъемности.

Наибольшие затраты труда на бетонных работах (свыше 40 %) приходятся на процессы подачи и распределения смеси в бетонируемых конструкциях.

В большинстве случаев выгоднее и эффективнее монтировать опалубку и арматуру кранами, а бетонную смесь подавать с помощью бетононасосов, пневмоустановок и распределять самоходными вибробункерами, ленточными питателями и др.

Преимущества использования бетононасосов несомненны. Транспортирование бетонной смеси при помощи бетононасосов

выгодно тем, что ее можно подавать по шлангам или трубопроводам непосредственно к местам укладки.

Представляет интерес использование в зарубежной практике бетононасосов, смонтированных на автошасси с бетоноводом, прикрепленным к крановой мачте и стреле. Применение поворотной стрелы позволяет легко подавать бетонную смесь в любую точку сооружения.

Снижение трудоемкости бетонных работ в значительной степени связано со снижением трудоемкости опалубочных работ. На изготовление опалубки, ее перестановку и разборку приходится до 20 % общей стоимости монолитных конструкций и примерно 25–35 % затрат труда.

Внедрение в практику строительства прогрессивных типов опалубок с палубой из водостойкой фанеры или облицованной синтетическими материалами позволяет увеличить их оборачиваемость. Новые системы скользящей опалубки конкурируют с обычной переставной опалубкой и позволяют снизить стоимость и трудоемкость работ.

Дальнейшее совершенствование технологического процесса бетонирования сооружений должно осуществляться путем автоматизации управления подъемом опалубки и механизированной укладки бетона в формы. Для этого необходимо использование агрегатов и оборудования для механизированной укладки бетона в опалубку с автоматической системой управления подъемом опалубки.

Приводы и механизмы, а также аппаратура для автоматизации и механизации бетонирования могут быть типовые, выпускаемые отечественными заводами. Доля арматурных работ в общем комплексе работ составляет по стоимости и трудоемкости соответственно 20–30 и 18–26 %. Повышение уровня механизации и снижение стоимости и трудоемкости арматурных работ зависят от внедрения индустриальных методов изготовления арматуры и монтажа ее в виде укрупненных элементов. Применение арматурных каркасов и блоков, изготовленных в арматурных механизированных цехах, позволяет повысить выработку рабочих на строительстве высотных объектов по сравнению с ручной сборкой арматуры в несколько раз. Для этого необходимо увеличить грузоподъемность средств меха-

низации подъема скользящей опалубки, довести шаг расстановки домкратных рам до 5–6 м и разработать решения по армированию монолитных конструкций высотных сооружений целыми блоками. При установке крупных пространственных каркасов взамен армирования конструкций стен силосов, копров, угольных башен и т. п. «россыпью» экономия в затратах труда достигает 1,5–2 человеко-дня на 1 т. Благодаря уменьшению фонда заработной платы и части накладных расходов, зависящей от численности рабочих, экономический эффект достигает 10–12 руб. на 1 т смонтированных армокаркасов. Важную роль при контроле и управлении качеством работ на всех этапах высотного строительства, начиная от приготовления бетонной смеси и заканчивая отделкой поверхностей монолитных конструкций, должна играть технологическая служба в рамках строительного управления под руководством главного инженера или главного технолога. Непосредственно в процессе создания строительной продукции должны применяться прогрессивные нормы, учитывающие достижения науки и техники, отражающие передовой опыт и ориентирующие строителей на непрерывное улучшение экономических показателей строительного производства.

На развитие и совмещение рабочих процессов при строительстве высотных зданий оказывает влияние выбор той или иной схемы механизации работ. В практике строительства существуют четыре схемы механизации:

1. Механизация вертикального транспорта осуществляется при помощи башенных кранов.
2. Механизмы движутся по вертикали вместе с ростом башенных копров.
3. Бетонная смесь поднимается шахтными подъемниками.
4. Подъем бетонной смеси осуществляется бетононасосами (в основном за рубежом).

На выбор комплексов машин влияют такие факторы, как скорость бетонирования конструкций, очередность их возведения, возможность вести работы по устройству стен и перекрытий одним или двумя потоками, совмещенным или последовательным способом и др.

К факторам, влияющим на организацию развития рабочих процессов, относятся:

- 1) пространственное членение фронта работ на ярусы и захватки;
- 2) совмещение ведущих процессов по устройству основных несущих конструкций;
- 3) применение различных комплектов механизмов, домкратов и опалубок;
- 4) условия твердения бетона.

Обследование возведенных монолитных железобетонных конструкций высотных зданий над скиповыми стволами шахт показало, что некоторые организационно-технологические факторы влияют на такие важные показатели, как утечка воздуха через герметические объемы этих сооружений. Эти утечки достигают в ряде случаев 40 % общей производительности вентиляторных установок, что ухудшает условия проветривания зданий.

К основным факторам, влияющим на герметичность высотных зданий, относятся:

- 1) скорость движения скользящей опалубки;
- 2) организационные перерывы, вызывающие недостаточное сцепление нового и старого слоев бетона;
- 3) наличие окон, дверей, шлюзов, ворот, ляд и др., устройство которых необходимо осуществлять во время движения скользящей опалубки;
- 4) применение совмещенной технологии бетонирования стен и перекрытий, позволяющей осуществлять качественную герметизацию заделки балок и перекрытия в стенах.

Башенные краны для высотного строительства

Башенные краны для высотного строительства несколько отличаются своей конструкцией от кранов общего назначения. Как показала практика строительства, с увеличением высоты зданий более 16 этажей применение башенных кранов на рельсовом ходу неэффективно. В высотном строительстве при возведении зданий по индивидуальному проекту применяют зачастую и краны, запроектированные для возведения именно данного здания, а также вер-

толеты. В рамках данной работы рекомендуется применять типовые самоподъемные и приставные башенные краны.

Приставные (стационарные) башенные краны (рис. 1) применяют при строительстве высотных сооружений (высотой 150 м и более). Они выполняются с поворотной головкой, горизонтальной стрелой и перемещающейся по ней грузовой кареткой. Приставные краны монтируют на фундаменте, который может быть специальным или являться частью фундамента здания.

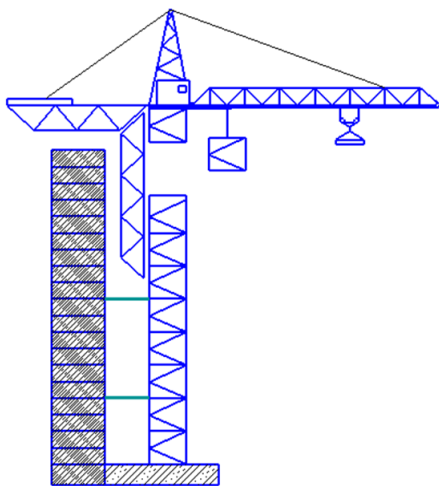


Рис. 1. Приставной (стационарный) кран

Увеличение высоты башни кранов осуществляется методом подращивания снизу или методом наращивания ее сверху промежуточными секциями, длина которых составляет 2,5–7 м. У приставных кранов и кранов с неповоротной башней, имеющих значительную высоту подъема крюка, наращивание ведется методом сверху. При наращивании башни две крайние верхние секции крепят к монтажной стойке и расстыковывают между собой. Предварительно промежуточная секция поднимается крюковой подвеской и навешивается на выдвижную раму.

Башня крана крепится к зданию с помощью закладных рам, монтируемых между двумя секциями.

У башенных кранов, башня которых охвачена порталом, применяют метод подращивания секций башни снизу, при котором очередная промежуточная секция заводится снизу, пристыковывается к башне и с помощью монтажной лебедки выдвигается вверх. Метод подращивания проще, так как работы ведутся с земли, но требуется больше мощных лебедок для подъема башни.

Самоподъемные краны. Их изготавливают грузоподъемностью до 15 т с грузовым моментом до 3300 кНм. Вертикальное перемещение крана осуществляется следующим образом (рис. 2). Башня крана (1) опирается на опорные балки с откидными упорами (3) и охватывается вертикально подвижной обоймой (2), также снабженной откидными упорами (4), но в другой плоскости. Специальной лебедкой (5) обойма снимается с упоров и поднимается на высоту двух этажей и вновь устанавливается на упоры. После этого башня и опорные балки снимаются со своих упоров, подтягиваются на высоту двух этажей и устанавливаются на каркас здания. Демонтаж крана ведется в обратной последовательности.

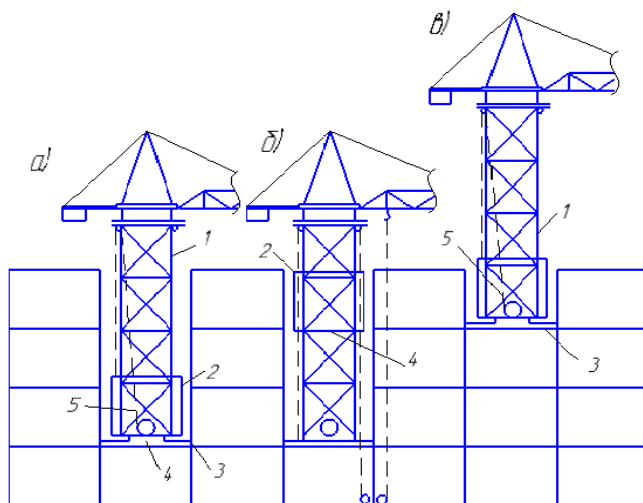


Рис. 2. Схема перемещения самоподъемного крана:
 а – исходное положение; б – подъем обоймы; в – подъем крана

Основное преимущество данных видов кранов заключается в том, что подъемное устройство крепится на специальной башенной системе, которая «растет» вместе с увеличением высоты строящегося здания. То есть изначально высота башни может являться вовсе небольшой, а затем по мере возвышения здания башня также способна подниматься. Самоподъемный механизм крана, соответственно, ходит по этой башне.

Сама башня увеличивается в высоте посредством наращивания либо снизу, либо может быть телескопической, то есть наращиваться сверху по мере продвижения работы на строительном объекте. Наращивание башни производится посредством монтажа дополнительных ее элементов. Самоподъемные краны являются малогабаритными, и их можно доставить на объекты строительства с помощью одной только грузовой машины. Это прекрасно характеризует данное оборудование с экономической точки зрения.

Одним из преимуществ самоподъемных кранов является возможность монтажа зданий, располагаемых на стесненных площадках. Выбор типов, числа и схемы расстановки самоподъемных кранов зависит от массы монтажных элементов, конфигурации и размеров здания в плане, а также по высоте с учетом того, что сфера их действия должна полностью охватывать необходимую рабочую зону крана. При возведении зданий различают подготовительный и основной периоды строительства. Основной период, в свою очередь, состоит из трех циклов: нулевого (подземного), возведения надземных конструкций и отделочного.

При строительстве высотных зданий подготовительный период включает подготовку площадки, доставку, разгрузку, сортировку и разметку материалов и элементов, их укрупнительную сборку, подачу к месту монтажа, сборку и подъем башенного крана для высотных работ в исходное положение, выполнение работ до нулевого цикла и т. д.

Поэтому при возведении подземной части высотного здания иногда бывает рациональнее использовать в качестве грузоподъемного оборудования стреловые передвижные краны, а для дальнейшего монтажа каркаса – приставные или самоподъемные. Рациональность такой схемы особенно очевидна в случае использования

самоподъемных кранов, для первоначальной установки которых требуется предварительная сборка нижних 3–5 этажей каркаса.

Вопросы к главе 12

1. Какие факторы влияют на организацию механизации работ при строительстве высотного здания и выбор транспортных средств?
2. Каковы основные пути совершенствования технологий и организации строительства высотных инженерных сооружений из монолитного железобетона, способствующих снижению трудоемкости, стоимости строительства и возрастанию темпов работ?
3. Какое количество схем механизации существует в практике строительства? Дайте краткую характеристику каждой из них.
4. Что относится к факторам, влияющим на организацию развития рабочих процессов?
5. Каковы основные факторы, влияющие на герметичность высотных зданий? Опишите их.

Глава 13. СТРУКТУРА ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Практическая работа выполняется в виде пояснительной записки, пример оформления которой представлен в прил. 5.

Пояснительная записка состоит из двух разделов. В разделе 1 должна быть представлена характеристика принятых объемно-планировочных, конструктивных и защитных решений и мероприятий.

В разделе 2 указываются основные разделы технологической карты на устройство надземной части здания. В том числе приводится перечень монтажных (бетонных) работ по заполнению оконных и дверных проемов, устройству фасадов стен, кровли. Не учитываются работы субподрядных организаций по устройству инженерных сетей и коммуникаций (водопровод, канализация, электрические сети, установка лифтов и т. д.).

Исходные данные для выполнения работы приведены в прил. 5, а примерное содержание и оформление пояснительной записки – в прил. 6.

Библиографический список

1. Проектирование современных высотных зданий / Сюй Пэйфу [и др.] ; под ред. Сюй Пэйфу. — Москва : Изд-во АСВ, 2008. — 480 с.
2. Севостьянов, В.В. Оценка сейсмической опасности для высотных зданий г. Москвы / В.В. Севостьянов, И.Г. Миндель, Б.А. Трифонов // Уникальные и специальные технологии в строительстве. — 2006. — № 1(4). — С. 56–62.
3. Терранова, А. Небоскребы («SKYSCRAPERS») / А. Терранова : пер. с англ. В.Г. Яковлевой. — Москва : АСТ : Астрель, 2004. — 305 с.

Нормативные документы

1. МДС 20-1.2006. Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве.
2. МДС 12-23.2006. Временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий-комплексов в Москве.
3. Nash, E.P. Manhattan Skyscrapers. Princeton Architectural Press edition, 2005. — 215 p.

*Плановые и конструктивные схемы
высотных зданий*

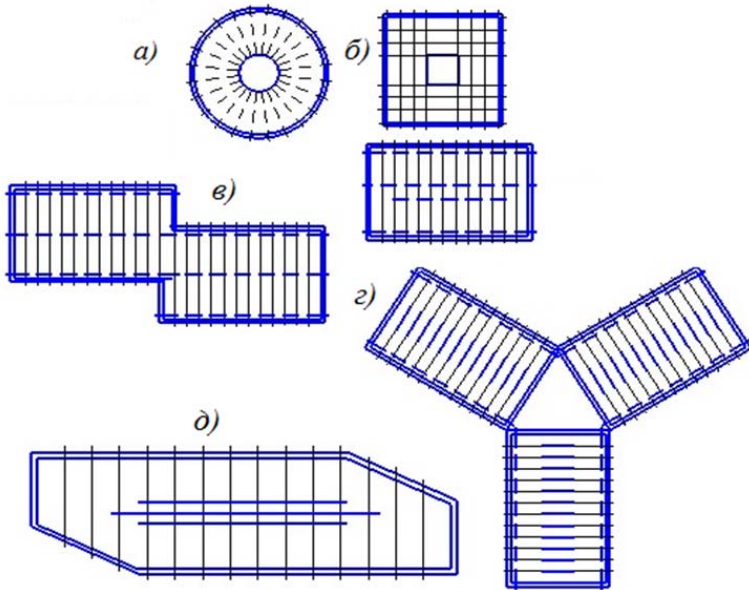


Рис. 1.1. Формы планов многоэтажных зданий:
a, б – здания с компактными планами;
в, з, д – здания с протяженными планами

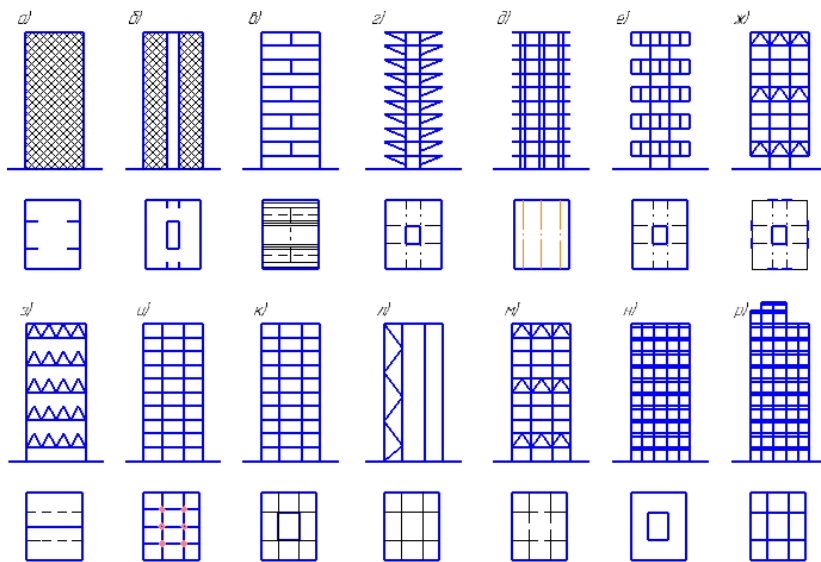


Рис. 1.2. Конструктивные схемы высотных зданий (монолитных, сборных, сборно-монолитных): *а* – бескаркасная с параллельными несущими стенами; *б* – ствольная с несущими стенами; *в* – коробчатая; *г* – с консольными перекрытиями в уровне каждого этажа; *д* – каркасная с безбалочными плитами перекрытия; *е* – с консолями высотой на этаж в уровне каждого второго этажа; *ж* – с подвешенными этажами; *з* – с фермами высотой на этаж, расположенными в шахматном порядке; *и* – рамно-каркасная; *к* – каркасно-ствольная; *л* – каркасная с решетчатыми диафрагмами жесткости; *м* – каркасная с решетчатыми горизонтальными поясами и решетчатым стволом; *н* – коробчато-ствольная (труба в трубе); *п* – многосекционная коробчатая

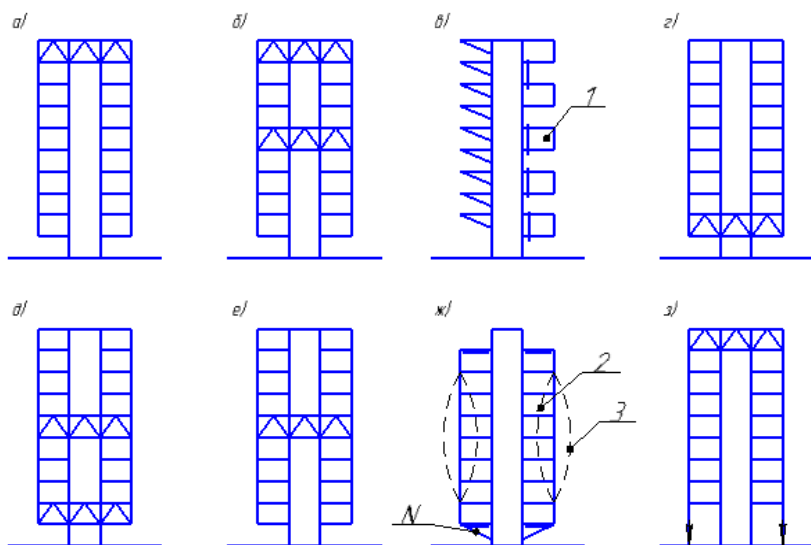


Рис. 1.3. Схемы взаимосвязи со стволами жесткости:
a, б, г, д – с подвесными этажами; *в* – с консольными этажами;
е, з – комбинированные системы; *ж* – с предварительно
напряженными подвесками

К вопросу о выборе схем устойчивости высотных зданий

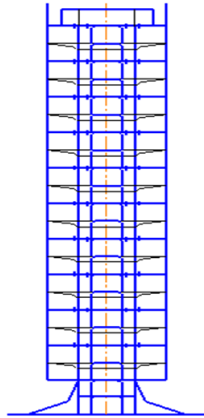


Рис. 2.1. Вертикальный разрез здания по ядру жесткости

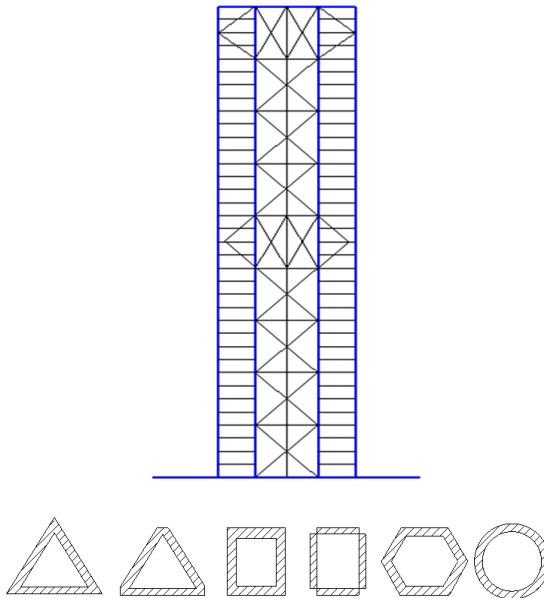


Рис. 2.2. Оболочковая система высотного здания

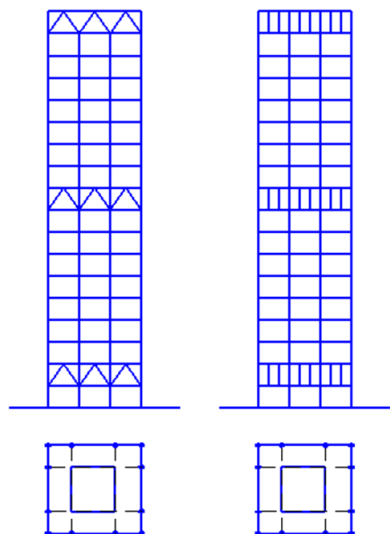


Рис. 2.3. Схема использования раскосых и безраскосых ферм в здании

Схемы устройства приставного и самоподъемного кранов

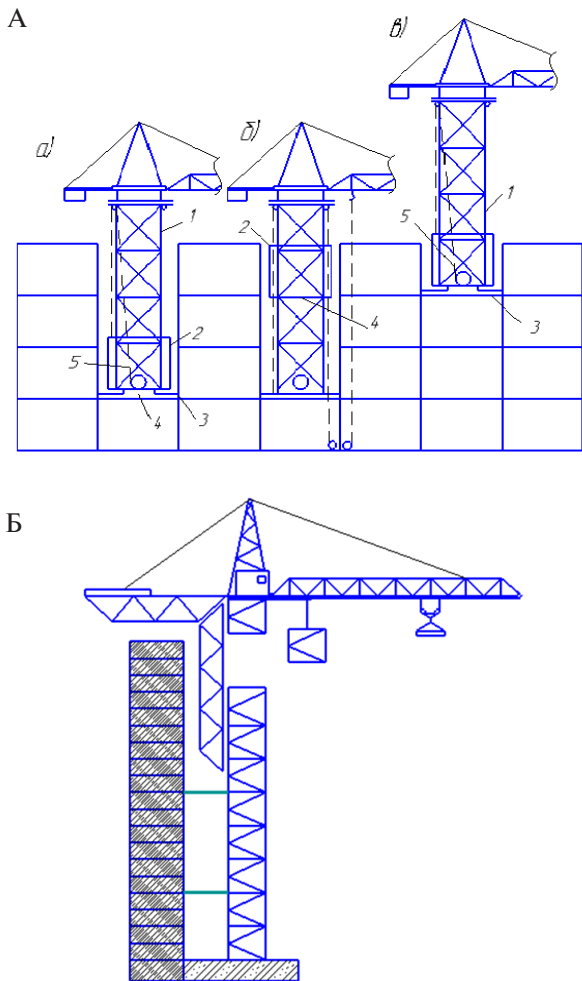


Рис. 3.1. Схемы самоподъемного (А) и приставного (Б) башенного кранов: а) исходное положение; б) подъем обоймы; в) подъем крана. 1 – башня крана; 2 – подвижная обойма; 3 – откидные упоры опорной балки; 4 – откидные упоры подвижной обоймы; 5 – специальная лебедка

**Характеристики крана для высотного
строительства марки Potain**

Башенный кран Potain 550 20Т имеет модификации в виде приставных (MD) и самоподъемных (SP) вариантов. Технические характеристики приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Технические характеристики крана Potain MD (SP) 550 20Т

№ п/п	Наименование технической характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Максимальная грузоподъемность	т	20
2	Максимальный радиус	м	80
3	Грузоподъемность на конце стрелы	т	4,3
4	Высота подъема крюка	м	92,9

Характеристики самоподъемного башенного крана FHTD1650-35Т приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Технические характеристики самоподъемного башенного крана
FHTD1650-35Т**

Грузовой момент (т/м)		1225	Рабочий класс (GB 3811-2008)	A4	
Грузоподъемность (т)	Основной крюк (10~35 м – высота подъема)	35	Скорость подъема (м/мин)	Основной крюк (тяжелый груз)	0~18
	Макс. основной крюк (50 м – высота подъема)	18,5		Основной крюк (легкий груз ≤ 15 т)	0~28,8
	Макс. основной крюк (6,5~10 м – особые раб. условия)	20		Вспомогательный крюк (тяжелый груз)	0~38
	Вспомогательный крюк	7,5		Вспомогательный крюк (холостой)	0~60,8
Раб. радиус (м)	Основной крюк	6,5~50	Время полного подъема (мин)		5
	Основной крюк (макс. груз)	10~35	Угол вращения (об/мин)		360°
	Вспомогательный крюк	10,5~58	Радиус поворота заднего габарита (м)		15,256

Окончание таблицы 3.2

Высота подъема (м)	Основной крюк	~300	Скорость подъемного механизма (м/мин)	0,4
	Вспомогательный крюк	~305	Интервал перемещения груза, м	1,675~1,676
Макс. высота подъема (м)		290	Мощность (кВт)	400

Характеристики бетононасоса стационарного БН-600 Д

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1	Максимальная производительность	м ³ /ч	90
2	Потребляемая мощность	кВт	80
3	Максимальное давление на бетонную смесь	МПа	8
4	Тип привода бетононасоса	—	Гидромеханический
5	Объем приемной воронки бетононасоса	м ³	0,6
6	Высота загрузки бетонной смеси	мм	1350 ± 50
7	Внутренний диаметр бетоновода	мм	125
8	Подвижность бетонной смеси	см	6–12
9	Бетон	—	Не менее М200
10	Крупность заполнителя смеси	мм	Не более 40
11	Дальность подачи	м	600
12	Высота подачи	м	75
13	Габаритные размеры бетононасоса:		
	— длина	мм	5950
	— ширина	мм	2270
	— высота	мм	2400
14	Полная масса бетононасоса	кг	5000

Задание на выполнение практической работы

по дисциплине «Инновационные технологии возведения
высотных зданий»

Тема работы «Технология возведения высотных зданий»

Вариант № _____

Требуется разработать технологическую карту на работы при возведении надземной части высотного здания в соответствии с исходными данными.

Исходные данные

1. Форма плана высотного здания.
2. Конструктивная схема высотного здания.
3. Схема взаимосвязи со стволом жесткости.
4. Тип крана (приставной, самоподъемный).
5. Вид выполняемых работ.
6. Размеры здания в плане.
7. Количество этажей надземной части.

Задание получено _____
(Ф. И. О., подпись)

Таблица 5.1

Варианты исходных данных

№ варианта	Форма в плане (рис. 1.1)	Конструктивная схема (рис. 1.2)	Схемы жесткости здания (рис. 1.3)	Тип крана (рис. 3.1)	Вид работ (табл. 5.2)	Размеры в плане, м	Кол-во этажей
1	а	в	а	а	1	40×40	20
2	б	а	б	б	2	24×32	22
3	а	б	в	а	3	42×42	24
4	б	г	в	б	4	26×40	35
5	а	е	а	а	5	44×44	28
6	б	д	б	б	6	28×54	40
7	а	к	з	а	7	45×45	21
8	б	ж	д	б	8	25×34	23
9	а	н	г	а	9	46×46	25
10	б	м	е	б	10	38×50	36
11	а	л	з	а	13	48×48	27
12	б	з	б	б	14	30×46	38
13	а	д	г	а	11	50×50	26
14	б	и	з	б	16	25×36	30
15	а	б	г	а	22	52×52	28
16	б	к	ж	б	18	38×48	34
17	а	е	в	а	15	53×53	21
18	б	л	ж	б	24	36×50	29
19	а	к	е	а	29	54×54	32
20	б	н	д	б	19	26×48	39
21	а	м	е	а	12	55×55	34
22	б	б	а	б	17	30×50	38
23	а	е	в	а	23	56×56	31
24	б	р	ж	б	21	32×48	33
25	а	б	е	а	27	57×57	37
26	б	в	ж	б	28	26×32	24
27	а	г	в	а	25	58×58	35
28	б	м	д	б	20	28×60	25
29	а	л	з	а	30	60×60	20
30	б	ж	г	б	26	36×44	34

Примечание. Высота этажа – 3,2 м.

Таблица 5.2

Варианты разрабатываемых видов работ

№ п/п	Наименование вида работ
1	Монтаж каркаса здания (для сборных и сб.-монол.)
2	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
3	Кровельные работы
4	Остекление здания
5	Отделочные работы (подготовка поверхности, шпаклевка, затирка, грунтовка, покраска)
6	Монтаж каркаса здания (для сборных и сб.-монол.)
7	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
8	Монтаж каркаса здания (для сборных и сб.-монол.)
9	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
10	Монтаж каркаса здания (для сборных и сб.-монол.)
11	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
12	Кровельные работы
13	Остекление здания
14	Отделочные работы (подготовка поверхности, шпаклевка, затирка, грунтовка, покраска)
15	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
16	Монтаж каркаса здания (для сборных и сб.-монол.)
17	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
18	Монтаж каркаса здания выше отм. 0.00 (для сборных и сб.-монол.)
19	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
20	Кровельные работы
21	Остекление здания
22	Отделочные работы (подготовка поверхности, шпаклевка, затирка, грунтовка, покраска)
23	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
24	Монтаж каркаса здания выше отм. 0.00 (для сборных и сб.-монол.)
25	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
26	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
27	Монтаж каркаса здания выше отм. 0.00 (для сборных и сб.-монол.)
28	Производство бетонных работ каркаса здания (выше отм. 0.00)
29	Кровельные работы
30	Остекление здания

Примерное содержание пояснительной записки

Введение

.....

Характеристика объемно-планировочных, конструктивных и защитных решений и мероприятий

Определение основных параметров технологической карты на бетонные (монтажные) работы при возведении надземной части высотного здания (включая заполнение дверных и оконных проемов, без рассмотрения субподрядных инженерных систем)

.....

Заключение

Список использованной литературы

Приложения (при наличии)

Примерная структура основной части пояснительной записки

1. Характеристика объемно-планировочных, конструктивных, защитных решений и мероприятий

1.1. Объемно-планировочные решения

Проектируемое многофункциональное административное здание является 36-этажным высотным зданием высотой более 120 м с одним подземным техническим этажом, имеет прямоугольную в плане форму размерами 28×47 м. Проектируемое здание встраивается между существующими многоэтажными зданиями административного назначения.

Весь объем надземной части здания разделен на три функциональные зоны, являющиеся вертикальными пожарными отсеками:

I зона – 1...12 этажи;

II зона – 13...24 этажи;

III зона – 25...36 этажи.

Основное назначение помещений каждой зоны – офисы (класс функциональной пожарной опасности Ф4.3). На каждом этаже проектируемого здания выделяются группы помещений общего пользования, включающие:

- лифтовые холлы;
- помещения безопасности;
- санузлы для МГН;
- общие этажные эвакуационные коридоры.

Планировка офисных помещений решена с выделением на каждом этаже четырех независимых групп офисных помещений, сдаваемых в аренду. Каждая группа офисных помещений оснащена независимыми помещениями приема пищи, санузлами и кладовыми уборочного инвентаря. Для персонала офисных помещений в каждой зоне (на 2, 13, 25-м этажах) устраиваются столовые на 90 мест (класс функциональной пожарной опасности Ф3.2).

По заданию на проектирование на 36 этаже устраивается VIP-ресторан на 100 мест (класс функциональной пожарной опасности Ф3.2). В каждой зоне предусмотрены технические этажи для размещения инженерного оборудования (–1, 12, 24, 35-й этажи).

Все вертикальные коммуникации здания (лифты и лестницы) сосредоточены в едином узле, являющемся конструктивным ядром жесткости. В первом этаже располагается входная группа помещений: служебные и технические помещения систем безопасности, связи, сигнализации, автоматизации и диспетчеризации; группа помещений приема и хранения товаров; предприятия общественного питания; мусорокамера, оборудованная прессом для бытовых отходов; охлаждаемые камеры для пищевых отходов предприятий общественного питания.

1.2. Конструкции и материалы

Проектируемое высотное здание является каркасным с ядром жесткости, объединяющим вертикальные коммуникации здания. Основные несущие конструкции (колонны, ригели, стены лестничных клеток, лифтовых шахт и ядра жесткости, перекрытия и покрытия) – монолитный железобетон. Наружные стены частично – монолитные с устройством вентилируемого фасада и наружного утепления, частично – алюминиевые навесные фасадные конструкции. Лестницы – монолитный железобетон. Перегородки технических помещений подземного и первого этажей, помещений безопасности и опорных пунктов пожаротушения – кирпичные. Перегородки офисных помещений, помещений предприятий общественного питания, общих этажных коридоров, технических помещений 10, 20, 30, 32-го технических этажей – каркасно-обшивные из гипсоволокнистых листов Knauf.

Конструкция кровли:

- утепление – минеральная вата Rockwool;
- гидроизоляция – рулонные битумные материалы с огнезащитой в виде стяжки из цементно-песчаного раствора по слою песка.

Ограждающие наружные конструкции:

- наружные самонесущие стены – монолитный железобетон с пределом огнестойкости более E 30;
- наружные самонесущие стены лестничных клеток – монолитный железобетон с пределом огнестойкости R 240 EI 180;
- покрытие – монолитный железобетон с пределом огнестойкости R 120 EI 60.

Внутренние перегородки:

- перегородки, отделяющие помещения трансформаторной подстанции, аварийных генераторных и дизельных подстанций, – из кирпича керамического пустотелого по ГОСТ 530-95 толщиной 250 мм с пределом огнестойкости EI 330;
- перегородки технических помещений подземного и 1 этажей – из кирпича керамического пустотелого по ГОСТ 530-95 толщиной 120 мм с пределом огнестойкости EI 150;
- перегородки, отделяющие помещения безопасности на всех этажах и помещения опорных пунктов пожаротушения, – из кирпича керамического пустотелого по ГОСТ 530-95 толщиной 120 мм с пределом огнестойкости EI 150;
- перегородки, отделяющие помещение мусорокамеры, – из кирпича керамического пустотелого по ГОСТ 530-95 толщиной 120 мм с пределом огнестойкости EI 150;
- перегородки, отделяющие общие коридоры на этажах от групп офисных помещений, – из гипсоволокнистых листов обычных и влагостойких (ГВЛ и ГВЛВ) Knauf ТУ 5742-004-03515377-97 с изменениями 1, 2, 3 с двухслойной обшивкой на одинарном металлическом каркасе с заполнением минераловатными плитами Rockwool плотностью 70 кг/м³ (группа горючести НГ) с пределом огнестойкости EI 90 (СП 55-102-2000, табл. 5.4);
- перегородки, разделяющие офисные помещения внутри групп, а также производственные, подсобные и служебные помещения предприятий общественного питания, – из гипсоволокнистых листов обычных и влагостойких (ГВЛ и ГВЛВ) Knauf ТУ 5742-004-03515377-97 с изменениями 1, 2, 3 с двухслойной обшивкой на одинарном металлическом каркасе с заполнением минераловатными плитами Rockwool плотностью 70 кг/м³ (группа горючести НГ) с пределом огнестойкости EI 90 (СП 55-102-2000, табл. 5.4);
- перегородки, разделяющие помещения 10, 20, 30 и 32-го технических этажей, – из гипсоволокнистых листов обычных и влагостойких (ГВЛ и ГВЛВ) Knauf ТУ 5742-004-03515377-97 с изменениями 1, 2, 3 с двухслойной обшивкой на одинарном металлическом каркасе с заполнением минераловатными плитами Rockwool плотностью 70 кг/м³ (группа горючести НГ) с пределом огнестойкости EI 90 (СП 55-102-2000, табл. 5.4).

Конструкции лестниц – монолитный железобетон с пределом огнестойкости R 60.

Для пропуска вертикальных сетей вентиляции, электрооборудования, систем безопасности, связи, сигнализации, автоматизации и диспетчеризации, а также для устройства систем дымоудаления в здании устраиваются коммуникационные шахты, выполненные в строительных конструкциях:

- монолитный железобетон с пределом огнестойкости REI 120;
- шахты и обстройки из кирпича керамического пустотелого по ГОСТ 530-95 толщиной 120 мм с пределом огнестойкости REI 150.

Наружное утепление:

- утепление цоколя и отмостки – плиты экструзионные вспененные полистирольные «Пеноплекс М35» (Г1, В2, РП1, Д3). Горючий утеплитель защищается слоем ц/п штукатурки толщиной 40 мм по металлической сетке;
- утепление наружных стен – вентилируемый фасад с утеплением минераловатными плитами Rockwool плотностью 90 кг/м³ (группа горючести НГ);
- утепление кровли – минераловатные плиты Rockwool плотностью 200 кг/м³ (группа горючести НГ);
- кровля из рулонных материалов на основе битума с огнезащитной ц/п стяжкой толщиной 50 мм по слою песка толщиной 20 мм.

Наружная отделка

Цоколь утепляется плитами экструзионного вспененного полистирола «Пеноплекс М35» (Г1, В2, РП1, Д3), оштукатуривается цементно-песчаным раствором слоем толщиной 40 мм по металлической сетке и облицовывается плитами керамического гранита (группа горючести НГ). На монолитных наружных стенах устраивается вентилируемый фасад по металлическому каркасу, с утеплением и облицовкой плитами керамического гранита (группа горючести НГ).

1.3. Лифты и лифтовые узлы

Все лифты компонуются в четыре лифтовых узла:

- I узел включает в себя 4 лифта грузоподъемностью 2000 кг, скоростью 1,6 м/с – обслуживает I зону (1...12 этажи);

- II узел включает в себя 4 лифта грузоподъемностью 1600 кг, скоростью 1,6 м/с – обеспечивает связь основного посадочного этажа (1 этаж) с этажами II зоны (13...24 этажи);
- III узел включает в себя 4 лифта грузоподъемностью 1600 кг, скоростью 4,0 м/с – обеспечивает связь основного посадочного этажа (1 этаж) с этажами III зоны (25...36 этажи);
- IV узел включает 2 пожарных лифта грузоподъемностью 1600 кг, скоростью 2,0 м/с – обеспечивает доступ пожарных на все этажи здания, включая технические и подземный. В режиме повседневной эксплуатации здания лифты IV узла используются в качестве служебных для загрузки товаров в предприятия общественного питания, оборудования и расходных материалов в офисы, а также вывоза мусора и пищевых отходов предприятий общественного питания.

Количество и параметры лифтов приняты по предварительному расчету вертикального транспорта, выполненному компанией ООО «ОТИС Лифт». Входы в лифты на всех этажах, кроме первого, устраиваются через лифтовые холлы с устройством подпора воздуха на этаже пожара. Лифты II и III узла работают с экспрессной зоной, поэтому на 3, 6, 9, 12, 15 и 18-м этажах предусмотрено устройство аварийных дверей в шахтах с пределом огнестойкости EI 60. Лифты I узла приняты без машинного помещения. Машинное помещение II узла расположено на 21-м этаже. Машинное помещение III узла расположено в надстройке кровли.

1.4. Противопожарные мероприятия

Пожарно-технические характеристики здания, конструкций, материалов и противопожарных преград

Степень огнестойкости здания – особая. Класс конструктивной пожарной опасности – СО (СНиП 21-01-97*, табл. 5). По функциональной пожарной опасности проектируемое здание относится к классу Ф4.3 (офисное здание) со встроенными помещениями класса Ф3.2 (предприятия общественного питания). Проектируемое многофункциональное административное здание является высотным зданием высотой более 100 м с одним подземным техническим этажом. Площадь типового этажа составляет 1220 м². В связи с этим принято деление здания на 4 вертикальных пожарных отсека:

- подземный;
- I надземный (1...10 этажи);
- II надземный (11...20 этажи);
- III надземный (21...36 этажи).

Предел огнестойкости строительных конструкций принят по приложению Л ТСН 31-332-2006 для зданий высотой более 100 м.

Пожарно-технические характеристики применяемых конструкций и материалов

Основные несущие конструкции:

- стены ядра жесткости, лифтовых шахт, лестничных клеток – монолитный железобетон с пределом огнестойкости REI 240;
- колонны и ригели – монолитный железобетон с пределом огнестойкости R 240;
- перекрытия, разделяющие вертикальные пожарные отсеки и участки перекрытий, участвующие в обеспечении устойчивости и геометрической неизменяемости, – монолитный железобетон с пределом огнестойкости REI 240;
- перекрытия над и под помещениями безопасности – монолитный железобетон с пределом огнестойкости REI 180;
- прочие перекрытия – монолитный железобетон с пределом огнестойкости REI 120.

1.5. Эвакуация и спасение людей

Для эвакуации и спасения людей из проектируемого высотного здания предусмотрены следующие мероприятия:

- устройство двух незадымляемых лестничных клеток типа Н1;
- устройство помещений безопасности на этажах II и III пожарных отсеков;
- устройство помещений безопасности для маломобильных посетителей на этажах I пожарного отсека;
- устройство в здании двух пожарных лифтов с доступом на все этажи, включая технические;
- устройство вертолетной площадки с возможностью использования аварийно-спасательной кабины пожарного вертолета.

Незадымляемые лестничные клетки расположены у противоположных фасадов здания и включены в состав ядра жесткости. Выход в незадымляемые лестничные клетки устраивается из этажных

коридоров через наружную воздушную зону. Выходы в наружную воздушную зону оборудованы тамбурами. Лестничные марши приняты шириной 1,35 м, расстояние между маршами – 120 мм, высота ограждений – 1,2 м, ширина проступи – 300 мм, подступенка – 150 мм. Эвакуационные выходы из подземного технического этажа устраиваются в объеме лестничных клеток надземной части обособленно и отделены перегородками I типа с пределом огнестойкости EI 45. Выход из подземного этажа в лестничную клетку устраивается через тамбур-шлюзы с подпором воздуха.

Из незадымляемых лестничных клеток предусмотрены выходы на кровлю через тамбуры, оборудованные противопожарными дверями 2-го типа EI 30. Помещения безопасности на этажах II и III пожарных отсеков рассчитаны на всех людей, находящихся на этаже. Помещения безопасности на этажах I пожарного отсека предназначены для маломобильных групп населения. Помещения безопасности отделяются от помещений иного назначения кирпичными перегородками (EI 150) и противопожарными дверями (EI 90). Входы в помещения безопасности устраиваются через тамбуры. Помещения безопасности, рассчитанные на количество людей более 50, оборудованы двумя входами.

Эвакуация людей из подземного пожарного отсека

В подземном этаже (пожарном отсеке) расположены помещения без мест постоянного пребывания людей, поэтому ширина эвакуационных выходов, проходов и лестниц определяется по минимальным параметрам, установленным нормативными документами, и принимается равной:

- эвакуационные коридоры без открываемых в них дверей – 1 м;
- эвакуационные коридоры с открыванием в них дверей с одной стороны – 1,4 м;
- эвакуационные коридоры с открыванием в них дверей с двух сторон – 1,8 м;
- выходы с этажа на лестничные клетки – 1 м;
- ширина лестничных маршей и площадок – 1,35 м;
- ширина выхода из лестничной клетки наружу – 1,4 м.

Эвакуация людей из надземной части здания

Планировка всех этажей здания выполнена с выделением на каждом этаже группы помещений общего пользования (лифтовые холлы, помещения безопасности, санузлы для инвалидов), объединенных общими этажными коридорами, являющимися путями эвакуации, связывающими офисные помещения и помещения предприятий общественного питания с холлами пожарных лифтов, входами в помещения безопасности и выходами на незадымляемые лестничные клетки.

Наиболее населенным этажом в здании является 11-й этаж — 154 человека (90 посетителей и 10 человек персонала предприятия общественного питания; 54 сотрудника офисных помещений). Расчетная ширина выходов на лестницу из общего коридора составляет 0,93 м, что соответствует минимальным требованиям нормативных документов. Таким образом, принимаем следующие параметры путей эвакуации:

- ширину общих коридоров на этажах — 1,8 м;
- ширину выходов на лестницы со всех этажей — 1 м;
- ширину маршей и площадок — 1,35 м;
- ширину выхода из лестничных клеток наружу — 1,4 м.
- Технико-экономические показатели здания:
 - площадь застройки — 1293 м²;
 - этажность — 36 этажей;
 - общая площадь — 38 483 м²;
 - строительный объем — 153 600 м³.

2. Определение основных параметров технологической карты на бетонные (монтажные) работы при возведении надземной части высотного здания

2.1. Область применения

Указывается, для чего предназначена технологическая карта — для нового строительства или реконструкции, капитального или текущего ремонта.

Сообщаются условия и особенности производства работ, требования к температуре, влажности, метеорологическим и другим

показателям окружающей среды, при которых допускается производство работ.

2.2. Технология и организация производства работ

Раздел должен содержать описание, чертежи и расчеты по основным технологическим операциям, в том числе по определению размеров и объемов работ насыпей и выемок, подбору средств механизации, выбору способов производства работ, в том числе и вспомогательным операциям (срезки растительного грунта, вертикальной планировки, уплотнения, рыхления мерзлого грунта и т. д.).

2.3. Требования к качеству и приемке работ

В разделе приводятся контролируемые параметры технологического процесса и операций (операции контроля), размещение мест контроля, исполнители, объемы и содержание операций контроля, методика и схемы измерений, правила документирования результатов контроля и принятия решений об исключении дефектной продукции из технологического процесса.

Контроль качества, предусматриваемый в технологической карте, включает:

- входной контроль проектной и технологической документации;
- входной контроль применяемых строительных материалов, изделий и конструкций;
- операционный контроль технологического процесса;
- приемочный контроль качества работ, смонтированных конструкций и оборудования, построенных зданий и сооружений;
- оформление результатов контроля качества и приемки работ.

Основные данные и параметры, необходимые для контроля, приводятся в таблицах. Для операционного контроля технологического процесса, например, составляется табл. 6.1.

Таблица 6.1

Операционный контроль технологического процесса

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля

Входной контроль проектной и технологической документации предусматривает проверку ее легитимности, комплектности и полноты, наличия исходных данных для выполнения строительного (технологического) процесса, перечня работ, конструкций и оборудования, показателей их качества.

В технологической карте следует предусматривать методы контроля, средства, схемы, правила выполнения измерений и испытаний, правила обработки результатов измерений и испытаний и их оценки, установленные стандартами, техническими условиями.

В разделе следует привести схемы входного контроля применяемых строительных материалов, изделий и конструкций; операционного контроля технологического процесса; приемочного контроля качества работ, смонтированных конструкций и оборудования, построенных зданий и сооружений.

Основное назначение таких схем – показать прорабу и рабочим места контроля качества.

В разделе могут быть приведены формы актов на скрытые работы и промежуточную приемку ответственных конструкций, а также на сдачу-приемку законченных работ и объектов.

2.4. Потребность в материально-технических ресурсах

В этот раздел включают:

- перечень машин и технологического оборудования;
- перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений;
- перечень материалов и изделий.

Машины и технологическое оборудование, требующиеся для выполнения строительных процессов и операций, выбираются с учетом отечественного и зарубежного опыта, сравнения вариантов механизации строительных (технологических) процессов. Машины и технологическое оборудование должны обеспечить плановые сроки и нормативные показатели качества работ.

В перечне, заносимом в табл. 6.2, указывают основные технические характеристики, типы, марки, назначение и количество машин и оборудования для выполнения технологического процесса (операции) на звено или бригаду.

Таблица 6.2

Машины и технологическое оборудование

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование машины, технологического оборудования, тип, марка	Основная техническая характеристика, параметр	Количество

Перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений составляется аналогично перечню машин и технологического оборудования.

В перечне, заносимом в табл. 6.3, указывают основные технические характеристики, типы, марки, назначение и количество технологической оснастки, инструмента, инвентаря для выполнения технологического процесса (операции) на звено или бригаду.

Таблица 6.3

Технологическая оснастка, инструмент, инвентарь и приспособления

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений, тип, марка	Основная техническая характеристика, параметр	Количество

Потребность в материалах и изделиях для выполнения технологического процесса и его операций в предусмотренных объемах определяется по рабочей документации с учетом действующих норм расхода материалов в строительстве (в том числе ведомственных и местных норм).

Результаты расчета потребности в материалах и изделиях приводятся в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Материалы и изделия

Наименование технологического процесса и его операций, объем работ	Наименование материалов и изделий, марка, ГОСТ, ТУ	Единица измерения	Норма расхода на единицу измерения	Потребность на объем работ

При разработке технологической карты для конкретного объекта и строительной организации (фирмы) в первую очередь используются имеющиеся в наличии машины и оборудование, технологическая оснастка, инструмент, инвентарь и приспособления, если их технические характеристики удовлетворяют требованиям строительного (технологического) процесса и нормативных документов.

2.5. Безопасность труда, пожарная и экологическая безопасность

Раздел должен содержать правила, решения и мероприятия, способствующие соблюдению минимально необходимых требований «Технических регламентов в строительстве», предусматривающих биологическую, механическую, пожарную, промышленную, химическую, электрическую безопасность, а также электромагнитную совместимость в части безопасности работы и оборудования.

Раздел в целом базируется на требованиях нормативных документов по безопасности труда и должен содержать:

- перечень опасных производственных факторов, связанных с технологией и условиями производства работ, и зоны действия опасных производственных факторов;
- решения по охране труда и технике безопасности, принятые для данного строительного (технологического) процесса, приемы безопасной работы;
- мероприятия по обеспечению устойчивости отдельных конструкций и всего здания в процессе его возведения или разборки;
- схемы производства работ с указанием опасных зон, устройств и конструкций ограждений, предупреждающих надписей и знаков, способов освещения рабочих мест;
- правила безопасной эксплуатации машин, оборудования и их установки на рабочих местах;
- правила безопасной эксплуатации технологической оснастки, приспособлений, грузозахватных устройств;
- правила безопасного выполнения сварочных работ и работ, связанных с использованием открытого пламени;
- указания по применению индивидуальных и коллективных средств защиты при выполнении строительных (технологических) процессов;
- мероприятия по предупреждению поражения электротоком;

- мероприятия по ограничению опасных зон вблизи мест перемещения грузов кранами.

Раздел по охране окружающей среды должен базироваться на требованиях нормативных документов и содержать:

- мероприятия по снятию и сохранению культурного слоя почвы;
- мероприятия по экологически безопасной эксплуатации машин и механизмов;
- мероприятия по обеспечению сохранности зеленых насаждений;
- экологические требования к производству работ, ограничивающие уровень пыли, шума и вредных выбросов;
- мероприятия по сбору, удалению или переработке строительных отходов, возникающих в процессе работ при новом строительстве, реконструкции или разборке ветхих зданий;
- требование к оснащению строительной площадки устройствами для мытья колес строительных машин.

Раздел по пожарной безопасности должен базироваться на требованиях нормативных документов и содержать:

- решения по количеству въездов на строительную площадку, наличию проездов требуемой ширины, их количеству и расстоянию между ними;
- мероприятия по эвакуации рабочих с лесов и высотных сооружений;
- решения по складированию горючих материалов;
- порядок выполнения работ с горючими материалами, выдачи нарядов-допусков на производство работ;
- порядок использования электрических калориферов, газовых горелок, воздухонагревателей;
- правила выполнения пожароопасных работ (окрасочных, с клеями, мастиками, битумами, полимерными и другими горючими материалами, огневых, газосварочных и паяльных);
- оснащение рабочих мест (рабочей зоны) средствами пожаротушения: бочки с водой, ведра, емкости с песком, огнетушители;
- схемы эвакуации, работающие в случае возникновения пожара;
- схемы опасных зон с установкой защитных и сигнальных ограждений; индивидуальных и коллективных средств защиты.

2.6. Техничко-экономические показатели

Раздел должен включать:

- указания на затраты труда и машинного времени;
- калькуляцию затрат труда и машинного времени;
- график производства работ.

Продолжительность выполнения работ и нормативные затраты труда и машинного времени определяются на технологический процесс, на объект, на конструктивный элемент или часть здания (сооружения) на основе калькуляций затрат труда и машинного времени, а также графика производства работ.

Продолжительность выполнения технологических процессов, затрат труда и машинного времени может определяться по данным строительной организации (фирмы) при условии, что эти процессы выполняются постоянным коллективом при соблюдении нормативных требований качества.

Продолжительность технологического процесса и его операций определяется в часах (сменах) путем деления затрат труда рабочих на количество рабочих в звене (бригаде) или устанавливается по времени работы машины, если она является ведущей в данном технологическом процессе.