

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

В.Р. Мустакимов, С.Н. Якупов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

Казань  
2014

УДК 721.011.27

ББК 38.2

М91

**Мустакимов В.Р. , Якупов С.Н.**

М91 Проектирование высотных зданий: Учебное пособие / В.Р. Мустакимов, С.Н. Якупов.– Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2014.–243 с.

ISBN 978-5-7829-0455-5

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В учебном пособии приведены современные конструктивные и объемно-планировочные решения для проектирования высотных гражданских зданий. Изложены основные условия и правила выбора и назначения конструктивных и расчетных схем высотных заданий, общие принципы конструирования при выполнении курсового и дипломного проектов. Учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов архитектурно-строительных специальностей высших учебных заведений, а также может быть использовано при реальном проектировании высотных зданий.

Ил. 98; табл. 37; библиограф. 122 наименования.

Рецензенты:

Доктор технических наук, зам. генерального директора по научной работе  
ГУП «Татинвестгражданпроект»

**И.С. Абдрахманов**

Кандидат архитектуры, доцент кафедры «Проектирование зданий»,  
декан Инженерно-архитектурного факультета КГАСУ

**Ф.Д. Мубаракшина**

Кандидат архитектуры, доцент, зав. кафедрой «Архитектура» КГАСУ

**М.Г. Зейферт**

УДК 721.011.27

ББК 38.2

© Казанский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2014

© Мустакимов В.Р., Якупов С.Н.,  
2014

ISBN 978-5-7829-0455-5

## Введение

Многоэтажные и высотные здания – это основной тип зданий при застройке городов. В современных и развивающихся городах расширяется строительство высотных жилых и административных зданий. К многоэтажным жилым зданиям относятся любые здания высотой в два и более этажей. В крупных республиканских центрах России высота жилых зданий может составлять до 25-30 этажей, и выше 30 – зданий административных. По ряду соображений, включающих определенные характеристики, противопожарные требования, капитальность и т.п., термин «многоэтажные здания, применительно к жилым зданиям классифицирован на подгруппы: здания средней этажности (до 5 этажей); здания многоэтажные (до 16 этажей); здания повышенной этажности (до 25-30 этажей); высотные здания (выше 30 этажей). До недавнего времени понятие «высотное здание» определялось тем, что производилось сравнение уровня вертикальной отметки верха подоконника оконного проема последнего эксплуатируемого этажа многоэтажного здания с предельно доступной высотой, которую может достигнуть имеющийся в современном городе автомобильный парк передвижных пожарных лестниц для эвакуации людей. Отечественными нормами в зависимости от функционального назначения проектируемых зданий и сооружений высотными принято считать такие здания, высота которых от уровня стоянки колес передвижной пожарной лестницы для эвакуации людей до уровня вертикальной отметки верха подоконника оконного проема последнего эксплуатируемого этажа здания повышенной этажности превышает соответственно: 75 метров – для жилых зданий, включая гостиницы, общежития; 50 метров – для общественных и административных зданий. В актуализированных редакциях нормативных документов принята классификация многоэтажных зданий по категориям возгораемости. Согласно классификации по категориям, многоэтажные здания разделяются по высоте следующим образом: здания высотой от 30 м до 50 м относятся к первой категории; от 50 м до 75 м – ко второй категории; от 75 м до 100 м – к третьей категории; выше 100 м – классифицируются как высотные здания. В США высота здания определяется его классом и шириной улицы (высота Эмпайр Стейт-Билдинг – 102 этажа).

В зависимости от класса здания его высота может быть в 4-5 раз больше ширины улицы; дальнейшее увеличение этажности возможно при устройстве отступа от основной фасадной плоскости. Например, для зданий 5-го класса при условии отступа, высота верхней части здания может быть увеличена до размера, в 5–10 раз превышающего размер отступа. Для зданий класса 4 и т.п. допустимое отношение величины отступа к высоте верхней части здания должно быть равно удвоенному отношению ширины улицы ко всей высоте здания. Ведущие зарубежные специалисты считают, что «...до сих пор не разработаны научные основы строительной противопожарной защиты вообще и для высотных зданий – в особенности» [58], что создает условия для научного поиска в этой области.

В качестве демонстрации достигнутого мирового опыта в области высотного строительства, в Приложениях 1 и 2, настоящего учебного пособия приведены сведения о 100 самых высоких зданиях мира и известных небоскребах мира.

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ВЫСОТЫ ЗДАНИЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ ФАКТОРА ОТНОШЕНИЯ ЕГО К ВЫСОТНЫМ ЗДАНИЯМ

Высота зданий в различных нормативных документах определяется в соответствии с задачами, на решение которых направлено содержание документа. Например, в СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», в СНиП 31-06-2009 (СНиП 2.08.02-89\*) «Общественные здания и сооружения» и в СНиП 31-02-2001 «Дома жилые многоквартирные», высота зданий указана в этажах.

В соответствии с примечанием к таблице СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах», высота зданий дана в этажах и в метрах, а высотой здания в метрах считается разница отметок нижнего уровня отметки или спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и низа верхнего перекрытия.

В СНиП 21-01-97\* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» высота зданий определяется высотой расположения верхнего этажа, не считая верхнего технического этажа, а высота расположения этажа определяется разностью отметок поверхности проезда для пожарных машин и нижней границы открывающегося проема в наружной стене. Эта высота расположения этажа обусловлена техническими характеристиками подъемных пожарных механизмов. Она установлена для зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.3 (жилых многоквартирных) на отметке 75 м, для зданий других классов функциональной пожарной опасности – 50 м. В целях упрощения восприятия приведенной выше формулировки, ею стали характеризовать разрешенную противопожарными правилами высоту здания.

Для определения строительного объема здания применяется уже другое понятие высоты, так как строительный объем надземной части здания устанавливается в пределах ограничивающих наружных поверхностей с включением ограждающих конструкций, световых фонарей и других надстроек, начиная с отметки чистого пола надземной части здания. Поэтому высота здания со шпилем определяется верхней отметкой шпиля.

При определении этажности здания в число этажей включаются все этажи, в том числе и верхний технический этаж, что установлено в СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные». Однако верхний технический этаж не учитывается при выполнении противопожарных требований по обеспечению эвакуации и спасения людей, при расчете числа лифтов и при выполнении требований по устройству мусоропровода, так как в нем не находятся люди. Для расчета числа лифтов более обоснованно применять формулировку «верхний этаж остановки лифта», а для установки мусоропровода – «верхний обитаемый этаж».

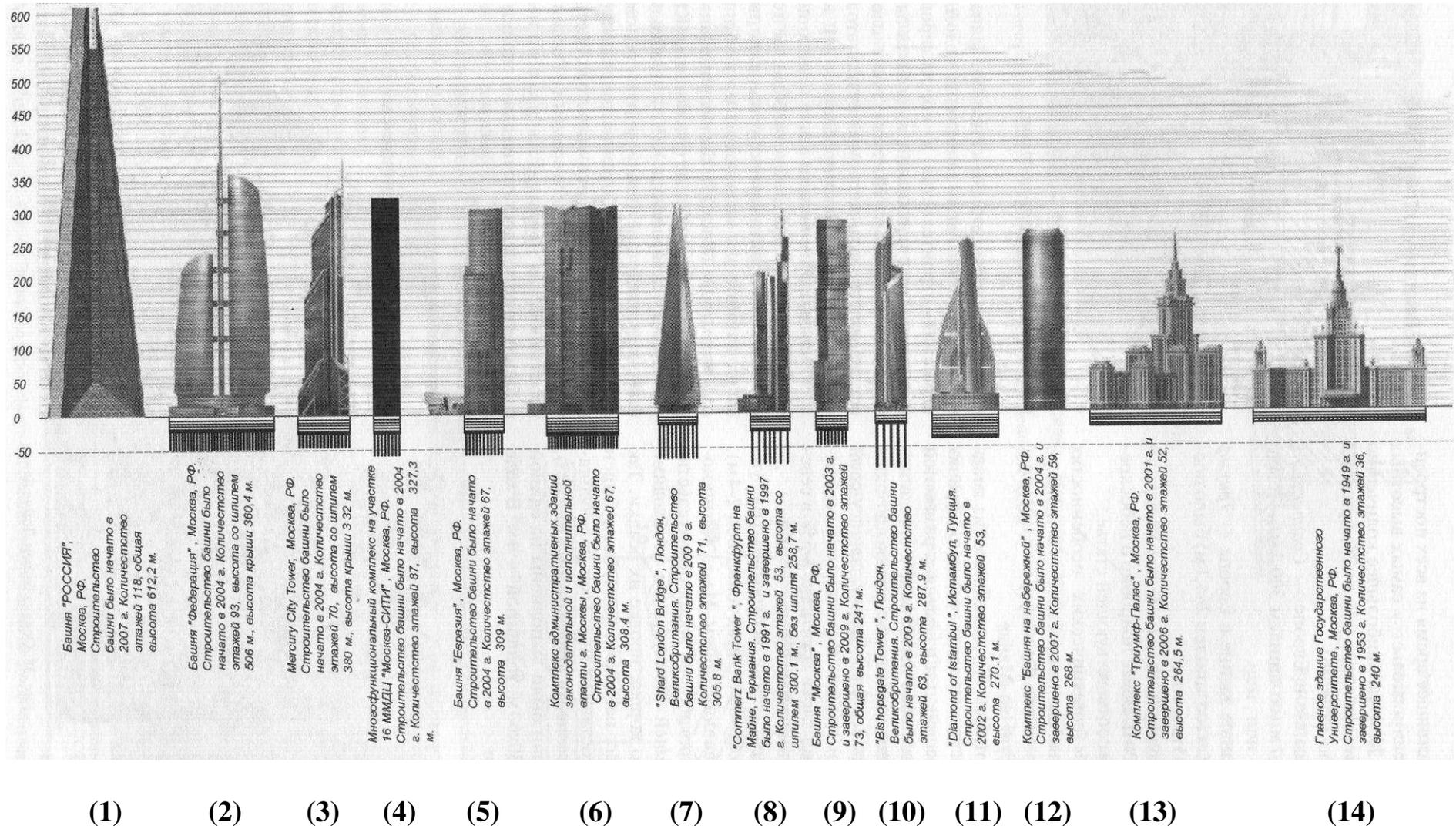


Рис.1.1. Самые высокие здания Европы, построенные, строящиеся и планируемые к строительству в ближайшее время: **1** – башня «Россия»; **2** – башня «Федерация»; **3** – Mercury City Tower; **4** – многофункциональный комплекс на участке 16 ММДЦ «Москва-СИТИ»; **5** – башня «Евразия»; **6** – комплекс административных зданий законодательной и исполнительной власти г. Москва; **7** – «Shard London Bridge»; **8** – «Commerz Bank Tower»; **9** – башня «Москва»; **10** – «Bishopsgate Tower»; **11** – «Diamond of Istanbul»; **12** – комплекс «Башня на набережной»; **13** – комплекс «Триумф-Палас»; **14** – главное здание . Государственного университета, Москва, РФ

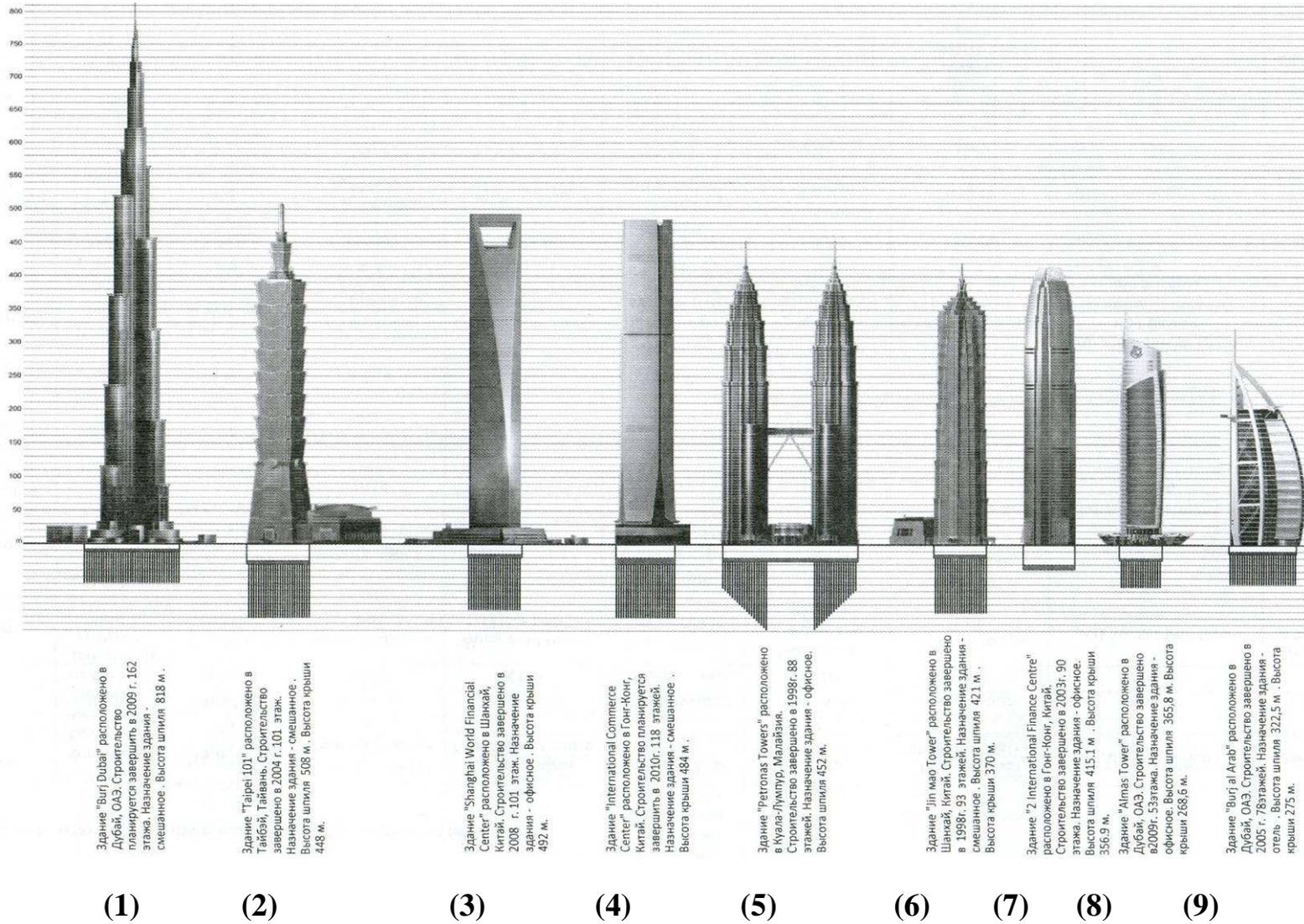


Рис.1.2. Некоторые наиболее высокие небоскребы Азиатского региона:

1 – здание «Burj Dubai»; 2 – здание «Taipei 101»; 3 – здание «Shanghai World Financial Center»; 4 – здание «International Commerce Center»; 5 – здание «Petronas Towers»; 6 – здание «Jin mao Tower»; 7 – здание «2 International Finance Centre»; 8 – здание «Almas Tower»; 9 – здание «Burj al Arab»

## 1.2. ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Развитие этажности зданий и сооружений, а вместе с этим и соответствующее изменение конструктивных систем высотных зданий, имеет тесную связь с экономическим развитием общества, прогрессом технологий и ростом народонаселения земного шара. Строительство зданий и сооружений в высоту началось еще в древние времена, когда для защиты от нападения возникла необходимость возведения высоких многоуровневых фортификационных башен, защитных стен и крепостей. Затем на развитие высотности сооружений большое влияние было оказано религией при возведении культовых объектов и храмов, строительство которых осуществлялось из дерева; громоздкой кирпичной и каменной кладки. В культовых каменных сооружениях внутреннее пространство выполнялось предельно ограниченным, с малыми размерами в плане. Относительно энергично высотное строительство в мире начинает развиваться в 80-е годы XIX века, это было продиктовано развитием бизнеса и потребностью в комфортном жилье. Развитие высотных зданий новой эпохи включает три этапа, в том числе:

первый этап – в период с 80-х годов XIX века до начала 30-х годов XX века. Из-за экономической депрессии 30-х годов XX века строительство высотных зданий приостановилось до окончания Второй мировой войны;

второй этап – в период с 60-х годов до 80-х годов XX века;

третий этап – в период с 90-х годов XX века до начала XXI века.

В XIX веке произошел скачок мировой экономики, вызванный индустриализацией. Бурно развивающимся городам Америки требовались все новые площади под застройку, что послужило стимулом для возведения высотных зданий. В связи с тем, что до 80-х годов кованое железо и сталь как строительные материалы еще не применялись в строительстве, а также медленно развивалось лифтовое оборудование; высотное строительство сдерживалось. Только после решения этих проблем, в конце 80-х годов XIX века, были устранены сдерживающие факторы и начался новый рост количества и темпов строительства высотных зданий. Строительство высотных зданий приняло широкий размах в США в XIX веке. Причины его развития имели не только экономический и функциональный характер, но были связаны и с соображениями рекламы. Высотные здания должны были повысить рентабельность застройки дорогостоящих земельных участков в крупных городах. Рост технических возможностей строительства, устройство систем искусственной вентиляции и искусственного освещения, а также средств пассажирского и грузового вертикального транспорта способствовали значительному увеличению этажности зданий. В высотных зданиях обычно предусматривают два-три подвальных этажа. По данным архитектора Дистеля (г. Гамбург), устройство световых дворики в зданиях высотой более 12 этажей становится неэффективным. С отметки 13-го этажа, собственно, и начинается высотное здание с его искусственно вентилируемыми и освещаемыми помещениями. Приступая к проектированию, в каждом отдельном случае следует принять решения по вопросам, включая следующие:

1) какая из форм высотного здания наиболее органично вписывается в ансамбль города; 2) как обеспечить движение транспорта и пешеходов от здания и обратно к нему; 3) как обеспечить здание свежим воздухом и естественным освещением; 4) в какой степени здание будет затенять окружающую застройку.

В 80-е годы XIX века и в начале 30-х годов XX века развитие конструктивных систем из стали способствовало совершенствованию конструкций из легких каркасов, и как следствие этого – увеличению высоты зданий и их внутреннего объема. Вместе с тем при строительстве зданий с металлическим каркасом все еще применялись самонесущие наружные стены из мелкоштучной каменной кладки. Первым многоэтажным зданием со стальным каркасом является 10-этажное здание Rand-McNall (США), возведенное в 1889 году.

Первые железобетонные конструкции появились в XIX веке. Применение железобетона как нового, еще мало изученного конструктивного материала происходило относительно медленно со значительными перерывами. Принято считать, что самым первым высотным объектом, возведенным с применением железобетона, является 16-этажное здание Ingal в Цинциннати (США). Самым высоким зданием, возведенным из железобетона, вплоть до 1931 года считалось 23-этажное здание Exchange в Сити (США).

На быстроразвивающемся юге Америки в конце XIX века высотные здания, в основном, возводились из кирпича и камня. В 1891 году в Чикаго было возведено самое высокое на тот период кирпичное здание Monadnock. Для обеспечения требуемой прочности и устойчивости толщина стен нижних этажей этого кирпичного здания составила больше двух метров, что отразилось на значительном снижении полезной площади помещений. В практике возведения высотных зданий из кирпичной кладки в Америке, подобные здания были последними.

В хронологии развития мирового высотного строительства, период экономической депрессии 30-х годов XX века и во время Второй мировой войны 1941–1945 гг. являются этапами временного приостановления возведения высотных зданий и небоскребов. Однако через несколько лет после этого периода возведение высотных зданий приобрело новое интенсивное развитие во всем мире с привнесением новых форм и идей в архитектуру, строительство и конструирование. В новых проектах значительно увеличилась высота зданий за счет прогресса в области конструктивных систем, улучшения качества строительных материалов и совершенствования технологии строительства. В 60-80-е годы XX века значительно расширилась область применения стальных конструкций в многоэтажном и высотном строительстве. Только в США было возведено 46 высотных зданий высотой более 200 метров с использованием стального остова. Среди них можно отметить: 100-этажное здание John Hancock Center высотой 344 м, возведенное в 1969 году в Чикаго (США), несущий остов которого выполнен из стальных трубчатых элементов с внешней рамой и раскосами; небоскреб Sears высотой 442 м, возведенный в 1974 году в Чикаго (США), с каркасным остовом из стальных труб; два 110-этажных здания-близнеца Всемирного торгового центра высотой по 412 м, возведенных в 1973 году в Нью-Йорке (США), несущие остовы которых выполнены из стальных трубчатых рам с упругими амортизаторами (демпферами). Эти здания были разрушены вследствие теракта 11 сентября 2001г.

Наряду со стальными конструкциями, после окончания Второй мировой войны 1941–1945 гг., в мировой строительной практике многоэтажного и высотного строительства нашли широкое применение более дешевые по отношению к стальным негорючие и технологичные железобетонные конструкции. Хорошо воспринимающий перерезывающую силу железобетон как конструктивный материал для высотного строительства, придал новый импульс в развитии и создании новых конструктивных систем для остовов высотных зданий. Высотные здания из железобетона стали возводить: с рамной конструкцией остова; с рамно-трубчатой конструкцией остова; с остовом системы «труба в трубе», которые могут воспринимать значительную поперечную перерезывающую силу. Из железобетона как «пластичного» конструктивного материала, с точки зрения придания многообразия архитектурных форм зданиям, на этом этапе было возведено 13 зданий высотой более 200 м. Среди них можно отметить 74-этажное здание водонапорной башни высотой 262 метра.

В 70-80-е годы XX века совершенствование железобетонных конструкций в высотном строительстве перерастает в широкое применение новых комбинированных (составных) конструкций, состоящих из бетона, железобетона и прокатных или сварных стальных профилей. Применение такого конструктивного сочетания материалов позволило повысить прочность, надежность, огнестойкость, технологичность и скорость возведения, составных конструкций, которые получили название «сталежелезобетонные конструкции». Сталежелезобетонные строительные конструкции в их современном виде представляют собой большое многообразие составных конструкций. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что с помощью этих конструкций можно эффективно развивать преимущество стальных, сталебетонных и сталежелезобетонных конструктивных элементов.

Вместе с достоинствами, сталежелезобетонные конструкции имеют и свои недостатки, среди которых можно отметить, например, несоответствие параметров прочности и пластичности в железобетонной части элементов по отношению к стальным конструкциям. Поэтому в настоящее время проводятся научно-теоретические и экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций по эффективному совмещению этих двух элементов. В 70–80-е годы XX века из сталежелезобетонных конструкций возведено 18 зданий высотой более 200 м, в основном, в несейсмических или низкой сейсмичности зонах. Среди них самое высокое – здание «Среднее серебро» в Гонконге, высотой 70 этажей (369 м).

Опережающее и новое развитие высотное строительство в период с 90-х годов XX века до начала XXI века приобретает в Азии и Китае. Здесь следует отметить две особенности и тенденции в развитии: первая – скорость развития и совершенствования строительных конструкций высотных зданий, возводимых из железобетонных и сталежелезобетонных (смешанных) конструкций, значительно превышает скорость развития высотных зданий из стальных конструкций; вторая – основными районами, где получает интенсивное развитие высотное строительство, становятся Азия и Китай.

За периоды с 1986 по 1995–2002 гг. Международная комиссия по высотным зданиям и городскому жилищу (СТВУН) составила и опубликовала статистическую таблицу, в которую включены 100 самых высоких зданий мира (приложение 1) и сформировала график историко-хронологического развития строительства высотных зданий в мировой практике с использованием различных современных строительных материалов и конструкций, изготовленных из стальных, железобетонных и сталежелезобетонных конструкций, приведенный на рис.1.

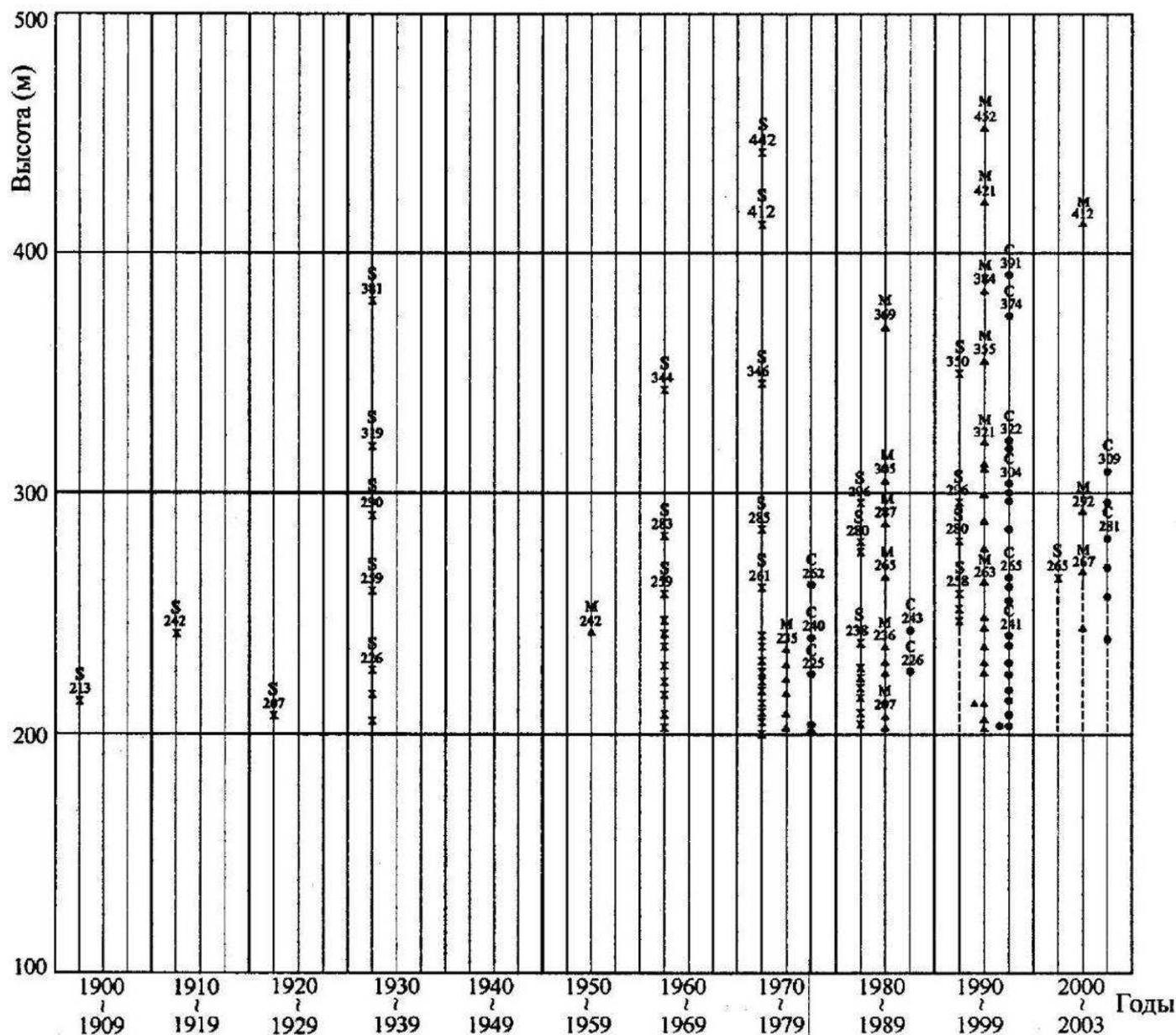


Рис. 1.3. График историко-хронологического развития строительства высотных зданий в мировой практике с использованием различных строительных материалов и конструкций: S-стальные конструкции (X); C-железобетонные конструкции (●); M-сталежелезобетонные смешанные конструкции (▲)

Анализ составленного графика (рис.1.3) позволяет констатировать, что в последнее время все большее распространение получают комбинированные сталежелезобетонные (смешанные) конструктивные элементы при возведении несущих

щего остова высотных зданий, опережая стальные и железобетонные, при всех прочих равных условиях. Из графика видно, что до начала 30-х годов XX века каркасы зданий высотой более 200 метров полностью выполнялись из стальных конструкций.

В 70-е годы XX века приобретает бурное развитие применение стальных конструктивных элементов, а с начала 80-х годов XX века зафиксировано быстрое развитие возведения высотных зданий с применением железобетонных и смешанных конструктивных остовов.

90-е годы XX века – начало XXI века ознаменованы интенсивным развитием широкого применения сталежелезобетонных конструкций, когда скорость их развития превышает скорость развития стальных конструкций.

Признано считать, что одним из самых весомых преимуществ смешанных сталежелезобетонных конструкций является эффективное объединение стальных элементов с элементами из бетона и железобетона. В последние десятилетия в смешанных конструкциях высотных зданий стала использоваться так называемая система «гигантских» конструкций. Такие новые системы, представляющие собой эффективное объединение железобетонного столба и конструкции из профильной стали, трубобетона, гигантской стальной фермы, гигантской внешней трубы со стальной опорой, могут использоваться как в несейсмических, так и в сейсмически активных районах.

Отдельные схематизированные фасады и разрезы известных в отечественной и зарубежной строительной практике высотных зданий приведены на рис. 1.4 и в приложении 2.

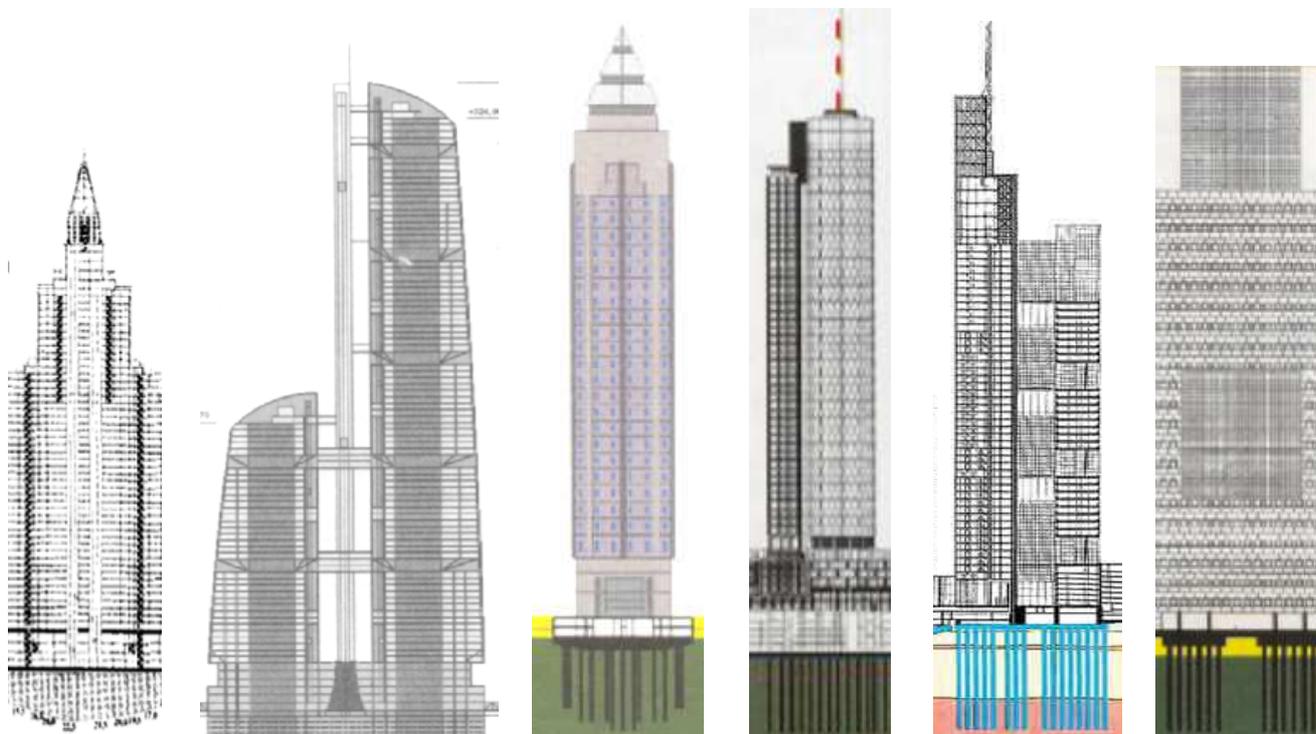


Рис.1.4. Схемы совмещенных фасадов и разрезов высотных зданий

## 2. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Высотные здания и сооружения (далее ВЗ), а также их отдельные конструктивные элементы, в процессе возведения и эксплуатации подвергаются действию внешних нагрузок и испытывают усилия, намного превосходящие эффект от внешних воздействий, характерных для обычных (невысотных) объектов строительства. В нашей стране при проектировании несущих и ограждающих конструкций, оснований и фундаментов высотных зданий учитываются нагрузки, воздействия и их расчетные сочетания, регламентированные в [1] и [5]. При выполнении расчетов конструкций высотных зданий, коэффициенты надежности по нагрузкам принимаются по требованиям [5]. Для высотных зданий, с учетом их специфики работы, минимальные значения нагрузок и воздействий принимаются с уточнением соответствующих положений [5]. В соответствии с МГСН 4.19-2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве» нормативные значения равномерно распределенных временных нагрузок на перекрытия, покрытия и лестницы высотных зданий принимаются по табл. 5.1 [35].

В соответствии с используемой в современном строительстве теорией инженерных расчетов и на основании результатов экспериментальных исследований моделей высотных зданий в аэродинамической трубе, действующие на здания ветровые нагрузки заметно возрастают по величине с удалением от поверхности земли. С высотой существенно возрастает не только ветровая статическая нагрузка на высотное здание, но и ее динамическая, пульсационная составляющая. Анализ результатов сбора нагрузок на высотные здания для их пространственного расчета численными методами позволяет констатировать, что для большинства из них горизонтальные (главным образом ветровые) нагрузки преобладают над вертикальными нагрузками. В дополнение к табл.5.1 [35], нормативные значения нагрузок от веса временных перегородок в жилых помещениях высотных зданий допускается учитывать как равномерно распределенные добавочные нагрузки, принимаемые на основании расчета для предполагаемых схем размещения временных перегородок. При этом нормативные значения нагрузок от веса временных перегородок принимаются по результатам сбора нагрузок на перекрытия, но не менее 1,0 кПа (100 кгс/м<sup>2</sup>). При отсутствии специальных требований (Специальных технических условий), нормативные значения горизонтальных нагрузок на поручни перил лестниц и балконов принимаются равными 0,8 кН/м (80 кгс/м). При проектировании высотных зданий и сооружений кратковременные нагрузки принимаются в соответствии с требованиями [5], с обязательным учетом кратковременных нагрузок от действия:

- аварийно-спасательной кабины пожарного вертолета на уровне покрытия здания или сооружения;
- транспортных средств, в том числе пожарного автотранспорта, заезжающего на несущие конструкции покрытия стилобатных и подземных частей здания.

Расчет нагрузок на конструкции покрытия стилобата от пожарной техники производится согласно МГСН 3.0-01 «Жилые здания» [41].

## 2.1. СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ

Снеговые нагрузки на высотные здания рассматриваются как кратковременные, расчетные значения которых принимаются в соответствии с требованиями раздела 5 и обязательного приложения 3\* [5]. Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяют по формуле (2.1):

$$S_0 = 0,7 c_e c_t \mu S_g, \quad (2.1)$$

где  $c_e$  – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов и определяемый для пологих ( $\alpha$  уклоном до 12% или  $f/l \leq 0,05$ ) покрытий без фонарей, в районах со скоростью ветра  $V \geq 2$  м/с (см. схемы Г.1, Г.2, Г.5 и Г.6 приложения Г. СП 20.13330.2011 [5]) по формуле  $c_e = (1,2 - 0,1V \sqrt{k})(0,8 + 0,002b)$ , здесь коэффициент  $k$  принимается по таблице 11.2 [5] в зависимости от высоты  $z_e$  и типов местности (А, В, С). А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра; В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м; С – городские районы с плотной городской застройкой зданиями, высотой более 25 м.

По зарубежным строительным нормам «Нагрузки на строительные конструкции», там, где распространено высотное строительство, дополнительно к трем типам А, В, С, учитывается тип местности D. В сводной табл. 2.1 приведены коэффициенты  $k$  с учетом типа местности D.

Для покрытий высотных зданий высотой свыше 75 м с уклоном до 20% (см. схемы Г.1, Г.2, Г.5 и Г.6 Приложения Г. [5]) значение  $c_e = 0,7$ ;  $c_t$  – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с пп. 10.5 [29];  $\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с пп. 10.4 [5];  $S_g$  – вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимаемый в соответствии с пп. 10.2 и табл. 10.1 [5] или табл. 2.2.

При сборе нагрузок на высотные здания учитывается отличительная особенность высотных зданий по отношению к типам зданий и сооружений меньшей высоты, которые регламентируют следующие дополнения:

– снижение величины снеговой нагрузки за счет уменьшения расчетного значения веса снегового покрова для различных городов Российской Федерации. Например, для г.Москвы расчетное значение веса снегового покрова принимается равным  $S_g = 2,0$  кПа (200 кгс/м<sup>2</sup>); для покрытий высотных зданий с уклоном до 20% коэффициент  $\mu$ , установленный в соответствии с требованиями схем 1, 2, 5 и 6 обязательного приложения 3\* [5] допускается снижать умножением на коэффициент, равный 0,6.

Коэффициенты  $k$  с учетом типа местности А, В, С, D

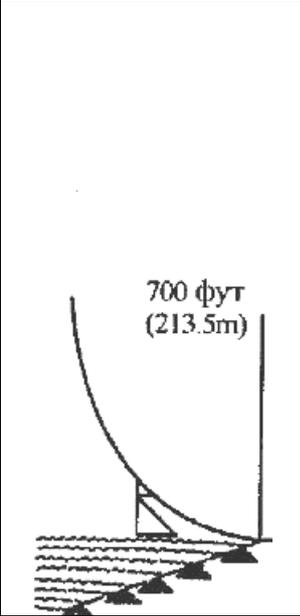
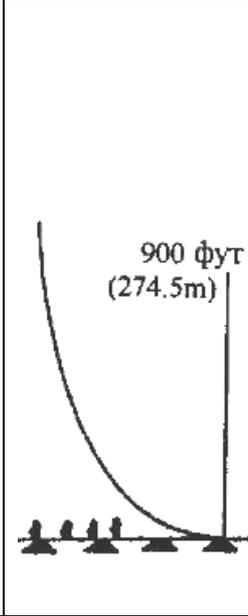
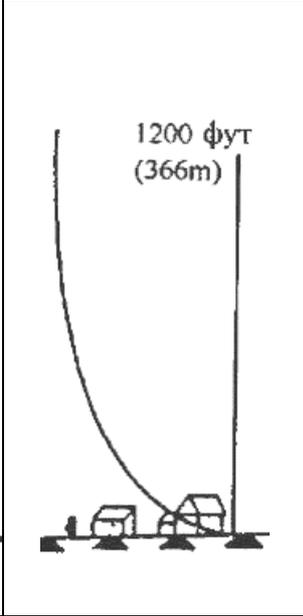
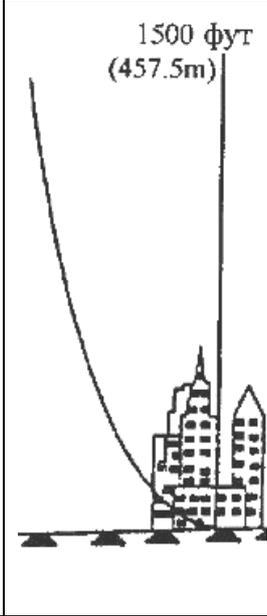
Высота от уровня земли или моря $z_e$ , М	Коэффициент $k$ для типов местности			
	По данным табл.11.2 СП20.13330.2011 [5] (в числителе) и зарубежным нормам (в знаменателе)			По зарубежным нормам
	А	В	С	D
$\leq 5$	0,75/1,17	0,50/1,00	0,40/0,74	0,62
10	1,00/1,38	0,65/1,00	0,40/0,74	0,62
20	1,25/1,63	0,85/1,25	0,55/0,84	0,62
40	1,50/1,92	1,10/1,56	0,80/1,13	0,73
60	1,70/2,12	1,30/1,77	1,00/1,35	0,93
80	1,85/2,27	1,45/1,95	1,15/1,54	1,11
100	2,00/2,40	1,60/2,09	1,25/1,70	1,27
150	2,25/2,64	1,90/2,38	1,55/2,03	1,61
200	2,45/2,83	2,10/2,61	1,80/2,30	1,92
250	2,65/2,99	2,30/2,80	2,00/2,54	2,19
300	2,75/3,12	2,50/2,97	2,20/2,75	2,45
350	2,75/3,12	2,75/3,12	2,35/2,94	2,68
$\geq 480$	2,75/3,12	2,75/3,12	2,75/3,12	3,12
Схемы изменения кривой ветровой нагрузки по высоте				
				

Таблица 2.2

Вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли

Снеговые районы (принимаются по карте I приложения Ж)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$S_g$ , кПа	0,8	1,2	1,8	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6

## 2.2. ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ

Ветровая нагрузка является одним из видов динамической нагрузки, прикладываемой к высотному зданию горизонтально. При воздействии ветра на боковую поверхность здания ему передается ветровое давление. При этом, в общем случае наветренная сторона здания испытывает растяжение, а подветренная сторона – сжатие, следовательно, горизонтальная ветровая нагрузка вызывает изгиб высотного здания по консольной схеме. Величина ветровой нагрузки определяется скоростью ветра, плотностью воздушного потока, типом местности, высотой здания, его конфигурацией, климатическими особенностями района строительства. Схемы влияния, преград, видов конструкций и формы зданий на изменение воздушных потоков ветра приведены на рис. 2.1.

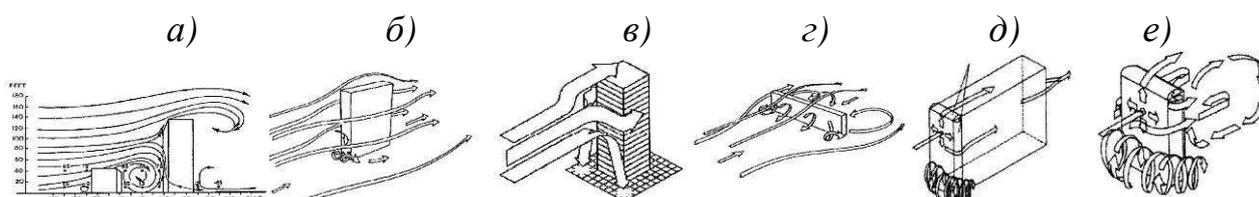


Рис.2.1. Аэродинамика высотных зданий: *a* – распределение воздушных потоков ветра на высотное здание с препятствием; *б, в, г* – схемы обтекания одиночных высотных зданий воздушными потоками ветра; *д* – обтекание ветровым потоком высотного здания с его торца (узкой стороны); *е* – то же, с фронтальной (широкой) стороны здания

Ветровые нагрузки на высотные здания принимаются в соответствии с общими положениями раздела 6 [5], а также требованиями Приложения 5.1 [35]. Расчетная ветровая нагрузка  $w_p$  определяется как сумма средней ( $w_m$ ) и пульсационных ( $w_g$ ) составляющих по формуле (2.2):

$$w_p = w_m + w_g, \quad (2.2)$$

Расчетные значения средней составляющей  $w_m$  – ветровой нагрузки определяются по формуле (2.3):

$$w_m = w_0 k(z_e) c \gamma_f, \quad (2.3)$$

где  $w_0 = 230 \text{ Па}$  – нормативное значение давления ветра;  $k(z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение средней составляющей давления ветра для высоты  $z_e$  на местности типа В;  $c$  – аэродинамические коэффициенты сил, моментов или давления;  $\gamma_f$  – коэффициент надежности по ветровой нагрузке;  $z_e(m)$  – эквивалентная высота здания, определяемая из условий: при  $z < b \rightarrow z_e = b$ ; при  $z < h - b \rightarrow z_e = h$ ; при  $b < z < h - b \rightarrow z_e = z$ , здесь  $b$  – поперечный размер здания;  $h$  – высота здания;  $z$  – расстояние от поверхности земли. Коэффициент  $k(z_e)$  определяется в соответствии с указаниями [5] для местности типа «В» или по формуле (2.4):

$$k(z_e) = 0,65 \left( \frac{z_e}{10} \right)^{0,4} \quad (2.4)$$

Аэродинамические коэффициенты полного давления  $c_p$  определяются как алгебраическая сумма коэффициентов внешнего  $c_e$  и внутреннего  $c_i$  давлений по формуле (2.5):

$$c_p = c_e + c_i \quad (2.5)$$

Если при эксплуатации зданий суммарная площадь  $\mu$  открытых и одновременно открывающихся проемов не превышает 5% от общей площади ограждающих конструкций, то  $c_i = \pm 0,2$ , где знак «+» или «-» выбирается из условий реализации наиболее неблагоприятного варианта нагружения. Для других значений  $\mu$  аэродинамические коэффициенты внутреннего давления  $c_i$  определяются дополнительно в зависимости от площади проемов и их распределения по поверхности зданий.

Для одиночно стоящих высотных зданий аэродинамические коэффициенты сил, моментов, внутреннего и внешнего давлений, а также числа Струхала  $St$  (при оценке резонансного вихревого возбуждения) определяются на основе данных модельных испытаний, проводимых в специализированных аэродинамических трубах. Научно-обоснованные экспериментальные исследования проводят в аэродинамических трубах метеорологического типа с длинной рабочей частью, в которых структура потока соответствует «пристеночной» турбулентности и формируется за счет тех же механизмов, что и в натуральных условиях.

Пульсационную составляющую ветровой нагрузки на предварительных стадиях проектирования определяют по формуле (2.6):

$$w_g = w_m \zeta(z) \nu \xi, \quad (2.6)$$

где  $w_m$  – средняя составляющая ветровой нагрузки;  $\zeta(z)$  – коэффициент, учитывающий изменение пульсационной составляющей давления ветра для высоты  $z$  на местности типа В [29];  $\xi$  и  $\nu$  – коэффициенты динамичности и корреляции пульсаций давлений, определяемые по [29]. Значения  $\nu$  определяются по табл.5.1.1 [29] или табл.2.3, приведенной ниже, в зависимости от площади ограждения  $A$ , с которой снимается ветровая нагрузка.

Таблица 2.3

Коэффициент корреляции пульсаций давлений  $\nu$

A, м <sup>2</sup>	<2	5	10	>20
$\nu$	1,0	0,95	0,9	0,85

Для высотных зданий, отвечающих условию  $h/d > 7$ , при проектировании производится поверочный расчет на резонансное вихревое возбуждение; здесь  $h$  – высота здания,  $d$  – поперечный размер. Ветровой резонанс или критическая скорость ветра  $V_{cr,i}$ , при которой происходит резонансное вихревое возбуждение, определяется по формуле (2.7):

$$V_{cr,i} = f_i d / St, \quad (2.7)$$

где  $f_i$  (Гц) – собственная частота колебаний по  $i$ -ой изгибной собственной форме;  $d$  (м) – поперечный размер здания;  $St$  – число Струхала его поперечного сечения, определяемое экспериментально в специализированных аэродинамических трубах или по справочным данным.

Резонансное вихревое возбуждение не возникает, если соблюдается условие  $V_{cr,i} > 1,2 V_{max}(z)$ , где  $V_{max}(z)$  – максимально возможная скорость ветра на высоте  $z$ , определяемая по формуле:  $V_{max}(z) = 14,5 (z/10)^{0,2}$ . В зависимости от повторяемости критической скорости  $V_{cr}$ , резонансное вихревое возбуждение может привести к накоплению усталостных повреждений в конструкциях остова высотного здания. При  $h/d > 7$  проектирование осуществляется с учетом возможности появления аэродинамических неустойчивых колебаний типа галопирования. Аэродинамически неустойчивые колебания типа галопирования возникают при превышении скоростью ветра  $V$  критического значения или  $V_{cr,g} \leq V_{max}(z)$ , т.е. :

$$V > V_{cr,g} = 2 Sc f_i d / (a_g \gamma_{cr}) \leq V_{max}(z), \quad (2.8)$$

$$\text{где} \quad Sc = 2m \delta / (\rho_a d^2), \quad (2.9)$$

где  $Sc$  – число Скратона;  $f_i$  (Гц) – число колебаний по  $i$ -ой изгибной собственной форме;  $d$  (м) – характерный поперечный размер здания;  $m$  (кг/м) – эквивалентная погонная масса;  $\rho_a = 1,25$  (кг/м<sup>3</sup>) – плотность воздуха;  $\gamma_{cr} = 1,2$  – коэффициент надежности;  $\delta$  – логарифмический декремент при поперечных колебаниях здания;  $V_{max}(z)$  – максимальная скорость ветра на высоте  $z$  ( $V_{max}(z) = 14,5 (z/10)^{0,2}$ ), на которой происходит возбуждение неустойчивых колебаний;  $a_g = \left( \frac{dc_y}{da} \cdot c_x \right) k_s$  – коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения сооружения, его аэродинамических свойств;  $c_x$  и  $c_y$  – соответственно, аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и боковой силы;  $k_s$  – коэффициент, зависящий от формы колебаний.

При проектировании высотных зданий с несимметричной формой поперечного сечения типовых этажей, а также в тех случаях, когда центр масс типовых этажей не совпадает с их центром жесткости, учитывается возможность появления аэродинамических неустойчивых колебаний типа дивергенции. Некоторые примеры зданий с несимметричными схемами планов приведены на рис. 2.2

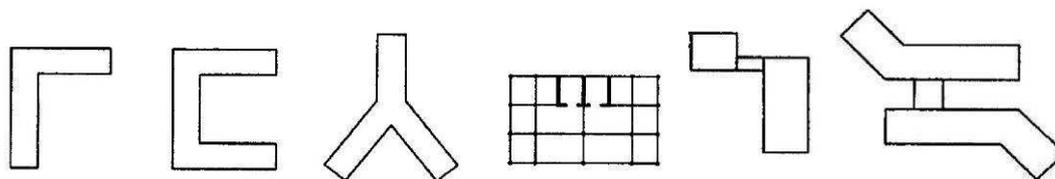


Рис. 2.2. Схемы планов зданий с несимметричной формой и центрами масс этажей, не совпадающих с их центрами жесткости, в которых учитывается возможность появления аэродинамических неустойчивых колебаний типа дивергенции

Аэродинамические неустойчивые колебания типа дивергенции возникают в том случае, если скорость ветра  $V$  превышает критическое значение  $V_{cr,div} \leq V_{max}(z)$ :

$$V = V_{cr,div} = \sqrt{\frac{2G_I}{\rho_a \cdot d^2 \cdot dc_m/da}} \leq V_{max}(z), \quad (2.10)$$

где  $G_I$  – жесткость здания на кручение;  $c_m$  – аэродинамический коэффициент момента сил;  $dc_m/da$  – градиент измерения коэффициента  $c_m$  в зависимости от угла атаки  $\alpha$ ;  $V_{max}(z)$  – максимальная скорость ветра на высоте  $z$ , на которой происходит возбуждение неустойчивых колебаний;  $\rho_a=1,25(\text{кг/м}^3)$  – плотность воздуха. Комфортность пребывания в высотных зданиях людей (жителей домов, посетителей, сотрудников и обслуживающего персонала административных и многофункциональных зданий), должна быть обеспечена во всех случаях, включая условие действия пульсаций ветровой нагрузки. Для расчетного случая с пульсационной составляющей, ускорение  $a_{vib}$ , перекрытий высотного здания, определяемое с коэффициентом надежности по нагрузке  $\gamma_f=0,7$ , не должно превышать  $0,08 \text{ м/с}^2$ , т.е.:  $a_{vib} \leq 0,08 \text{ м/с}^2$ . Если это условие не выполняется, то предусматриваются специальные инженерные мероприятия по снижению уровня колебаний высотного здания с использованием гасителей колебаний. Наряду с обеспечением комфортности высотных зданий и комплексов, обеспечивается комфортность прилегающих пешеходных зон, при этом условие комфортности имеет вид, приведенный в формуле (2.11):

$$T_c(V_{cr}) < T_{lim} \text{ при всех } V < V_{cr}, \quad (2.11)$$

здесь  $V$  – скорость ветра в порыве;  $T_c$  – продолжительность появления скоростей ветра  $V$ , больших некоторого критического значения  $V_{cr}$ ;  $T_{lim}$  – предельное значение  $T_c$ . Для трех установленных уровней комфортности прилегающих пешеходных зон (I, II и III) значения появления критической скорости ветра  $V_{cr}$  (м/с) и предельной продолжительности  $T_{lim}$  (ч/год) приведены в табл. 5.1.2 [35] или в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Критическая скорость ветра  $V_{cr}$  и предельная продолжительность  $T_{lim}$

Уровень комфортности	I	II	III
$V_{cr}$ (м/с)	6	12	20
$T_{lim}$ (ч/ГОД),	1000	50	5

Значения коэффициента надежности  $\gamma_f$  по ветровой нагрузке в зависимости от расчета по группам предельных состояний (I группа предельных состояний – расчет по прочности и устойчивости; II группа предельных состояний – расчет по деформациям) принимают равными:  $\gamma_f=1,4$  – при расчете по предельным состояниям первой группы;  $\gamma_f=1,0$  – при расчете по предельным состояниям второй группы;  $\gamma_f=0,7$  – при оценке комфортности пребывания людей.

### 2.2.1. Демпфирующие конструктивные системы в остове высотных зданий

Разнообразие средств, приемов и методов обеспечения требуемой прочности, устойчивости и надежности конструкций высотных зданий при действии горизонтально приложенных ветровых нагрузок, включая пульсирующую составляющую, а также сейсмические воздействия специалистами черпаются из живой природы и переосмысленно внедряются на основе подобия, моделирования, научно-теоретических и экспериментальных исследований в реальные конструкции и отдельные конструктивные решения в частности. Этими вопросами в науке занимается архитектурная бионика. Устойчивость свободно стоящих стволов деревьев с высокой кроной, злаковых растений и др. обеспечивается не только их незначительной прочностью, но и в значительной степени гибкостью, которая в технической терминологии классифицируется как демпфирование или амортизация (рис. 2.3).

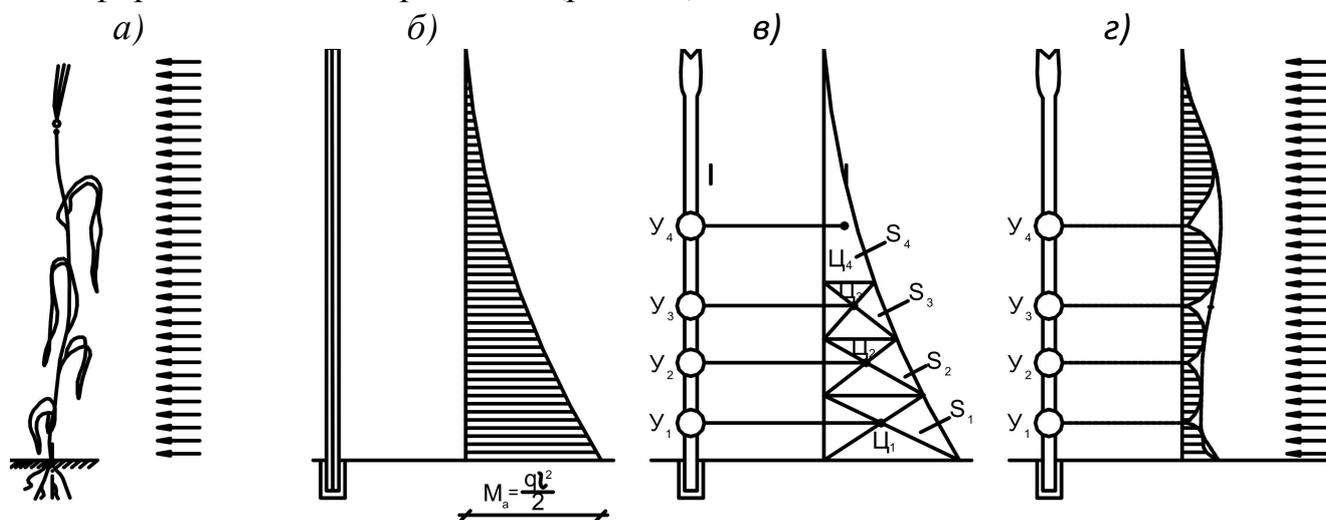


Рис.2.3. Схемы к природно-аналитическому обоснованию прочности, устойчивости, сейсмостойкости и демпферной системы по концепции архитектурной бионики: *а* – стебель злака с корневой системой и схемой приложения ветровой нагрузки; *б* – стержневой консольный элемент (остов высотного здания), жестко заделанный в грунт основания с эпюрой изгибающих моментов (опорный изгибающий момент  $M_a = (gl^2)/2$ ) от действия ветровой нагрузки (Г. Саркисян); *в* – схема формирования и образования демпферных узлов в стебле пшеницы, где:  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$  – узлы стебля пшеницы;  $S_1, S_2, S_3, S_4$  – равновеликие площади эпюры изгибающих моментов для вертикального элемента высотного здания (колонны, ядра жесткости и т.д.) без демпферных узлов;  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \zeta_4$  – центры тяжести равновеликих площадей эпюры изгибающих моментов; *г* – предположительная эпюра изгибающих моментов от действия ветровой нагрузки и изменения ее формы по высоте стебля пшеницы с учетом наличия упругих шарниров и действий динамических нагрузок:  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$  (Ю. С. Лебедев)

Диапазон средств в живой природе, связанных с демпфированием, необычайно широк. Демпфирование в структурах живой природы способствует ослаблению действия нагрузок, в первую очередь – динамических, например,

ветровых и сейсмических. В ведущих проектных и научно-исследовательских институтах России (и бывшего СССР) проводятся работы по исследованию демпфирующих средств в стеблях растений, в частности злаков, с целью конструирования высотных башенных сооружений с демпфирующими устройствами, противодействующими сильным ветровым нагрузкам и явлениям сейсмике. Стебель злака имеет веретенообразную форму – диаметр его основания значительно меньше диаметра его средней части. Такая форма зданий оптимальна и экономична (рис. 2.3а). Стебли злаков сопротивляются значительным ветровым нагрузкам и не теряют устойчивости, за исключением критических случаев. Как показали исследования, эта устойчивость обеспечивается в первую очередь демпфирующими приспособлениями, расположенными в узлах стебля злака, число которых, как правило, равно четырем. Исследование конструктивной тектоники стеблей пшеницы, показало, что если эпюру изгибающих моментов от действия ветровых нагрузок на колонну с заделкой основания (рис. 2.3а и 2.3б) разбить на четыре равновеликие по площади части, а центры тяжести этих площадей спроецировать на колонну, то мы получим на эпюре места расположения на стебле злака четырех узлов  $V_1, V_2, V_3, V_4$ , а между ними пять междоузлий (рис. 2.3в). В демпферах узлов злака значительно снижается величина изгибающих моментов, и эпюра изгибающих моментов обычной колонны с заделкой у основания приобретает новый вид. Предположительно, до основания стебля передается не суммарная величина изгибающего момента, а лишь какая-то его часть, что и позволяет природе рационально сократить диаметр основания стебля злака. Кроме того, плечо, сила или высота нижнего междоузлия меньше по сравнению с вышерасположенными междоузлиями, что может привести к снижению величины изгибающего момента, действующего у основания стебля, при наличии демпферов. Используя опыт живой природы, в частности построения стеблей злаков и других растений, Ю. С. Лебедев предложил схему «упругого», снабженного демпферами, высотного здания для применения в городском строительстве и в сейсмически активных районах (рис. 2.3г). Демпфирование в проектировании и строительстве высотных зданий реализуется при помощи сейсмоизоляции остовов зданий и их элементов. Сейсмоизоляция – это современная технология сейсмической защиты, обеспечивающая снижение сейсмического воздействия на сооружения при землетрясении и доказавшая свою эффективность и экономическую конкурентоспособность по сравнению с обычными способами обеспечения сейсмостойкости различных сооружений, таких как мосты, гражданские здания, исторические памятники и ответственные сооружения. Специалистами из разных стран предложены разнообразные усовершенствованные устройства систем сейсмоизоляции и гасители энергии колебаний сооружений, а также системы с использованием сплавов, напоминающих объемное состояние, и другие «интеллектуальные» системы. В начале 70-х гг. в ЦНИИСК была начата широкая программа экспериментальных и теоретических исследований сейсмоизоляции. До конца 90-х годов XX века Россия и страны бывшего СССР занимали первое место в мире по числу сейсмоизолированных зданий. После землетрясения в Кобе в 1995 году, когда в зоне разрушительных сотрясений оказалось несколько сейсмоизолированных зданий, оставшихся неповрежденными, даже при преобладающих периодах до 1,5 секунд,

в Японии начался бум в строительстве зданий с системами сейсмоизоляции [66]. До настоящего времени Российская Федерация занимает второе место по количеству построенных сооружений с системой сейсмоизоляции – 550 объектов, включая 70 сейсмоизолированных мостов. Следует отметить, что в сейсмически опасных районах России до настоящего времени строительство высотных зданий, как с традиционными антисейсмическими мероприятиями, так и с системами сейсмоизоляции, не регламентируется нормами «Строительство в сейсмических районах». Сейсмоизоляция рассматривается в настоящее время как один из основных способов обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений в высокосейсмичных районах. Для обеспечения их сейсмичности возможным, а иногда единственным путем является использование сейсмоизоляции. В качестве примера отечественной сейсмоизоляции можно привести особенности сейсмоизоляции 18-этажного жилого здания, возведенного на надежном основании с модулем деформации  $E=40\text{МПа}$  (рис. 2.4 а, б).

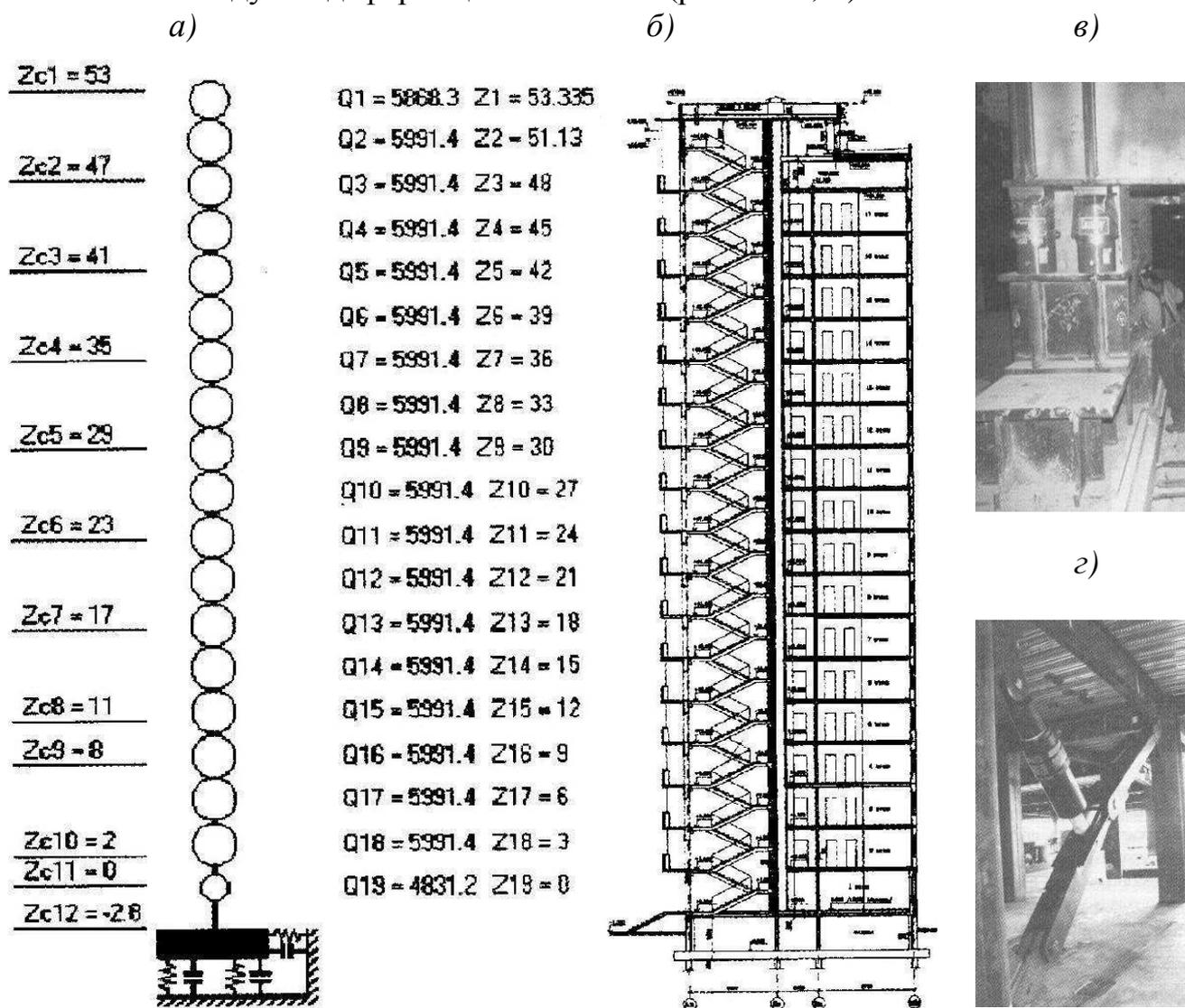


Рис. 2.4. Сейсмоизоляция высотных зданий: а – схема к расчету здания с демпфирующими системами на сейсмические воздействия; б – поперечный разрез здания; в – резинометаллические изоляторы; г – сейсмозащита здания «Башня Yerba Buena» в Сан-Франциско с диагоналями и жидкостными демпферами

Конструктивная схема здания принята перекрестно-стеновой, в которой вес здания равномерно распределен по его высоте с массами  $Q_i$ . Период основного тона колебаний здания на жестком основании составляет 0,68 сек. Проектом предусмотрена линейно-упругая сейсмоизоляция, включающая гибкие стойки либо резиновые опоры и дополнительные демпфирующие устройства вязкого типа. Такая сейсмоизоляция применяется при проектировании различных типов сооружений. При этом в качестве демпфирующих устройств используются жидкостные или свинцовые демпферы, выпускаемые в настоящее время фирмами Alga, Fip-Industriale, Maorer Sohne, Skiller Up и др. Расчетная схема здания представляет собой консоль с сосредоточенными массами  $Q_i$ , каждая из которых состоит из масс перекрытия между этажами и половины масс несущих стен и панелей, примыкающих к этажу (рис. 2.4а).

Связи между массами предполагаются линейно-упругими. В пределах здания затухание принято однородным. Модель основания принята в виде пружины с демпферами.

Результаты расчета по линейно-спектральной методике (ЛСМ) показывают высокую эффективность сейсмоизоляции для высотного строительства. Так, на скальном основании изгибающий момент по подошве здания снизился на 62%, а для нескального песчаного основания – на 60%.

Наряду с демпферными системами в практике высотного строительства для снижения сейсмических воздействий на остов используется принцип запаздывания ускорения сейсмических колебаний по отношению к массе здания. Поэтому расположение инерционной массы на значительной высоте здания позволяет повысить устойчивость (рис. 2.5).

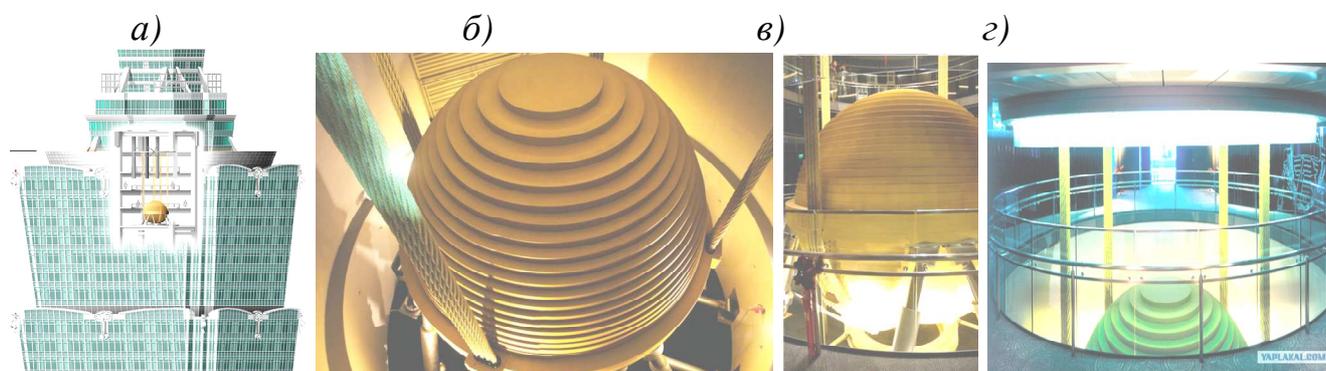


Рис. 2.5. Конструктивная система 101-этажного небоскреба Тайбэй 101, высотой 509 метров, снабженного 800 – тонным отвесом на уровне 92-го этажа для устойчивости при землетрясениях: а – фрагмент здания с подвешенной к ядру жесткости инерционной массой; б, в, г – общий вид и крепление отвеса

### 2.3. СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Проектирование высотных зданий в РФ осуществляется в соответствии со СНиП II-7-81\* (СП 14.13330.2011) [1], а также современными научно-теоретическими исследованиями и производственно-практическими достижениями в области сейсмостойкого строительства. Расчет на сейсмические

воздействия высотных зданий, расположенных в несейсмических районах, осуществляется для зданий, высотой 100 м и более [35]. На сейсмические воздействия рассчитывают высотные здания, возводимые на площадках сейсмичностью 5 и 6 баллов. Сейсмичность района и площадки строительства определяется, соответственно, по табл. 1\* [1] в зависимости от категории грунта по сейсмическим свойствам и по картам ОСР-97 территорий сейсмического микрорайонирования. Если данные микросейсморайонирования отсутствуют, то сейсмичность площадки принимается по аналогии с табл. 1\* [1], соответственно: для грунтов второй (II) категории – 5 баллов; для грунтов третьей (III) категории – 6 баллов. По действующей шкале MSK-64 значения максимального ускорения сейсмического движения грунта при расчете принимаются, соответственно: для 5 баллов – 25 см/с<sup>2</sup>, для 6 баллов – 50 см/с<sup>2</sup>. Расчет конструкций и оснований производится на основное и особое сочетание нагрузок. При расчете на особое сочетание с учетом сейсмического воздействия, значения расчетных нагрузок умножаются на коэффициенты сочетаний  $n_c$ , принимаемые по табл. 2 [1] или по табл. 2.5.

Таблица 2.5

Коэффициенты сочетаний нагрузок,  $n_c$

Вид нагрузок	$n_c$
Постоянные.....	0,9
Временные длительные.....	0,8
Кратковременные (на перекрытия и покрытия).....	0,5

Нагрузки от температурных климатических воздействий, ветровые нагрузки, динамические воздействия от оборудования и транспорта при этом не учитываются.

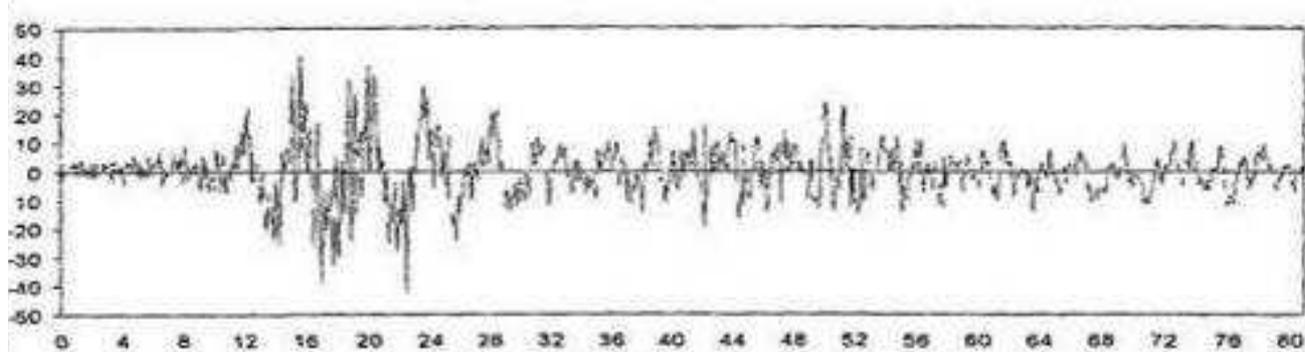
Современные инженерные и численные методы расчета с применением усовершенствованных расчетных моделей и учетом реальных акселерограмм сейсмического движения грунта во время землетрясения и соответствующие им спектры Фурье для конкретных площадок строительства позволяют более достоверно оценить реальную картину работы зданий при землетрясении и запроектировать сейсмостойкие здания.

Пример построенных акселерограмм сейсмического движения грунта, зарегистрированного на территории города Москвы во время землетрясения 04 марта 1977 года и соответствующие им спектры Фурье приведены на рис.2.6.

По результатам обработки акселерограмм, записанных сейсмографами на сейсмостанциях, получают исходные данные, используемые при расчете в частотной области линейно-спектральным методом по отдельным формам колебаний здания.

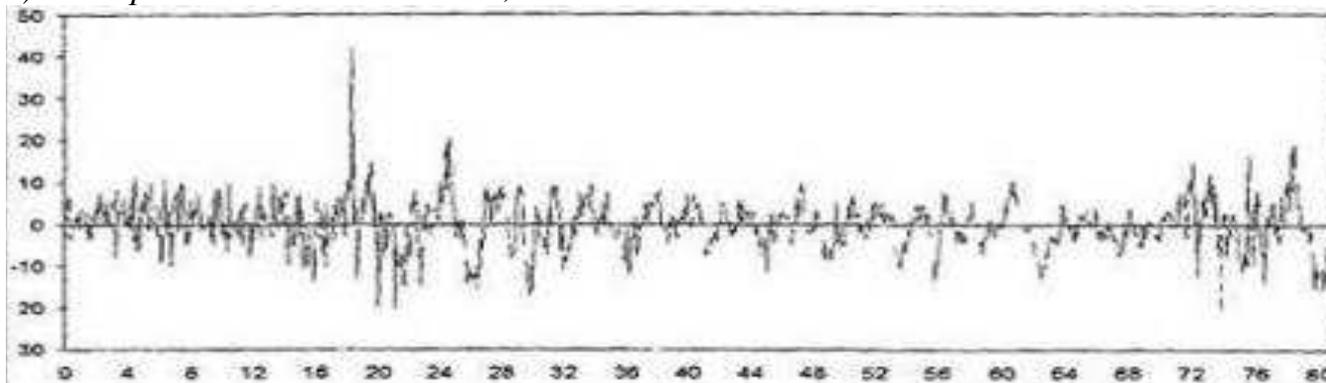
К таким исходным данным для расчета относятся: интенсивность воздействия  $I$  (для пяти баллов  $I=0,025$ ; для шести баллов  $I=0,05$ ); спектральный состав воздействия, определяемый коэффициентом динамичности  $\beta$  (рис. 2.7), в зависимости от периодов колебаний здания по графикам [1 и 35]; ориентация воздействия; уровень ротации воздействия.

а) Ускорение по компоненте X, см/с<sup>2</sup>



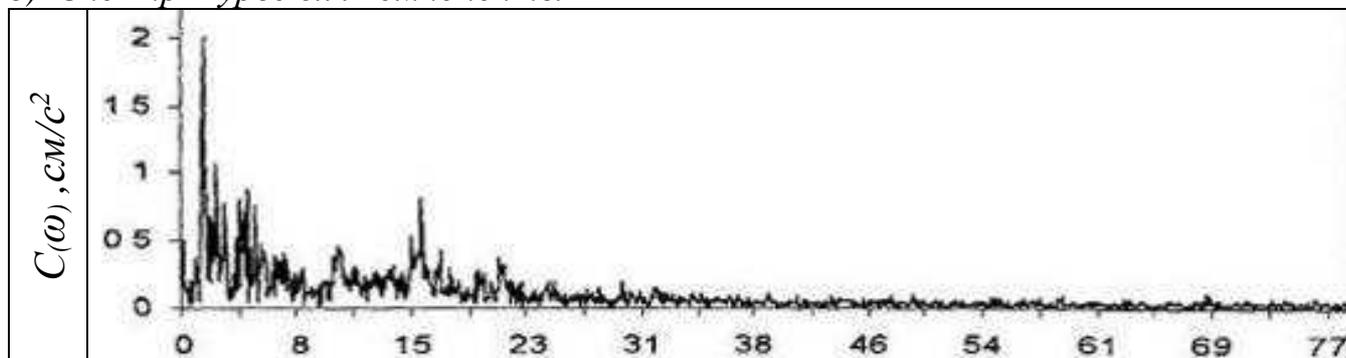
Время, с

б) Ускорение по компоненте Z, см/с<sup>2</sup>



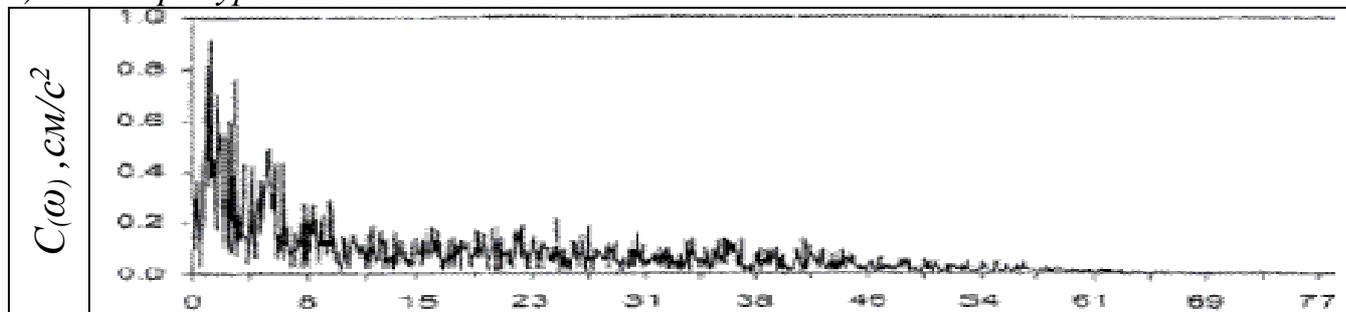
Время, с

в) Спектр Фурье для компоненты X



Частота  $\omega$ , рад./с

г) Спектр Фурье для компоненты Z



Частота  $\omega$ , рад./с

Рис. 2.6. Акселерограммы сейсмического движения грунта (а и б), зарегистрированные на территории г. Москвы во время землетрясения 04 марта 1977 года, и соответствующие им спектры Фурье (в и г)

## Шкалы

частот  $\omega$ , рад./с, периодов  $T$ , с и длин волн при их различной скорости см/с для приведенных на рис. 2.6 акселерограмм сейсмического движения грунта

Шкала частот $\omega$ , рад./с											
0	8	15	23	31	38	46	54	61	69	77	
Шкала периодов $T$ , с											
$\infty$	0,78	0,42	0,27	0,20	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08	
Шкала длин волн при скорости волн											см/с
$\infty$	156	84	54	40	32	28	24	20	18	16	200
$\infty$	390	210	135	100	80	70	60	50	45	40	300

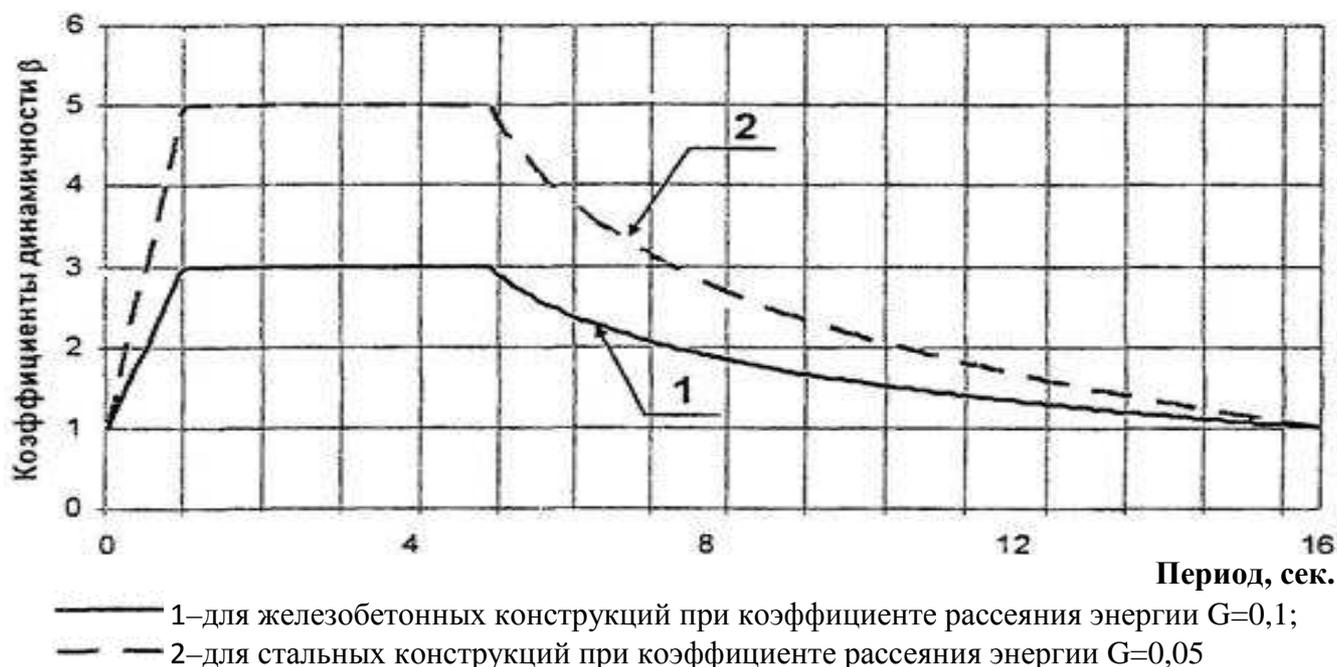


Рис. 2.7. Зависимость коэффициентов динамичности  $\beta$  от периода колебаний  $T$ , с

Сейсмические нагрузки: силы  $S_{jik}$  и моменты  $M_{jik}$  на высотные здания определяются, соответственно, по (а) и (б) на основе линейно-спектрального метода в соответствии с пп. 5.2.1. – 5.2.13. [35] с уточнением расчетных значений усилий и перемещений по результатам расчета зданий во временной области с учетом реальных акселерограмм.

$$S_{jik} = k_l S_{0jik}, \quad (2.12)$$

$$M_{jik} = k_l M_{0jik}, \quad (2.13)$$

В формулах (2.12) и (2.13)  $k_l$  – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения в рассчитываемых зданиях и принимаемый согласно табл. 3 [1] равным для монолитных железобетонных конструкций  $k_l=0,22$  и для стальных конструкций  $k_l=0,25$ ;  $S$  и  $M$  – сейсмические силы и моменты  $k$ -ого ( $k=1, 2, \dots, n$ ) узла расчетной динамической модели (РДМ), представленной упругой (линейной или нелинейной) системой, содержащей инерционные элементы по  $j$ -ому ( $j=1, 2, 3$ ) направлению при  $i$ -й форме колебаний;  $S_0$  и  $M_0$  – сейсмические силы и момен-

ты, определенные в предположении упругой работы конструкции здания по РДМ (рис. 2.8).

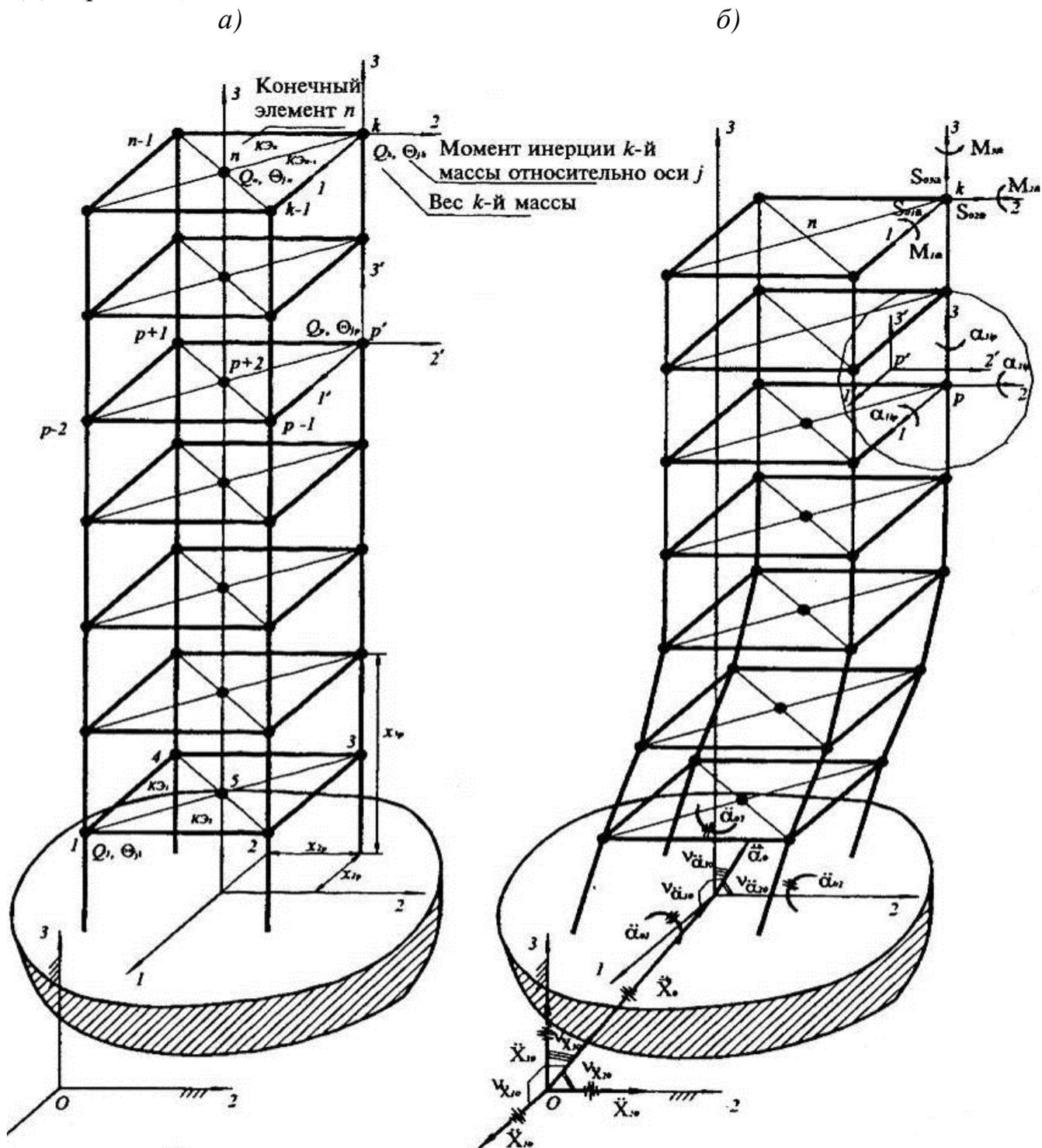


Рис. 2.8. Пространственная расчетная динамическая модель здания (РДМ):

*a* – состояние покоя; *б* – *i*-я форма колебаний

Упругие сейсмические силы  $S_{0jik}$  и моменты  $M_{0jik}$  вычисляются, соответственно, по формулам (2.14) и (2.15):

$$S_{0jik} = I \cdot g \cdot m_k \cdot \beta_i \eta_{jik}, \quad (2.14)$$

$$M_{0jik} = I \cdot g \cdot \theta_{jk} \cdot \beta_i \bar{\eta}_{jik}, \quad (2.15)$$

где  $g=9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение силы тяжести;  $I$  – интенсивность сейсмического воздействия, определяемая согласно пп. 5.2.6. [35];  $\beta_i$  – коэффициент динамич-

ности для  $i$ -й формы колебаний, определяемой в зависимости от периода колебаний  $T_i$  по графикам рис. 2.6;  $m_k$  – масса  $k$ -го узла РДМ;  $\theta_{jk}$  ( $j=1, 2, 3$ ) – момент инерции  $k$ -го узла РДМ;  $\eta_{jik}$  и  $\bar{\eta}_{jik}$  – коэффициенты пространственных форм колебаний, определяемые по формулам (2.16) и (2.17):

$$\eta_{jik} = X_{jik} \cdot \eta_i, \quad (2.16)$$

$$\bar{\eta}_{jik} = \alpha_{jik} \cdot \eta_i, \quad (2.17)$$

где,  $X_{jik}$  и  $\alpha_{jik}$  – перемещения и углы поворота  $k$ -ой ( $k=1, 2, \dots, n$ ) массы по  $j$ -му ( $j=1, 2, 3$ ) направлению при  $i$ -ой форме колебаний (рис. 2.8)

Высотные здания и сооружения относятся к конструктивным системам с повышенным уровнем ответственности. Поэтому при расчете несущих конструкций надземной и подземной части высотных зданий, включая конструкции фундаментов и их основание, значения коэффициентов надежности по ответственности  $\gamma_n$  принимаются в зависимости от высоты здания или сооружения  $h$  в соответствии с табл. 2.7.

Таблица 2.7

Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n$  для высотных зданий

№ п.п.	Расчетная высота высотного здания или сооружения, $h$ , м	Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n$ для высотных зданий
1.	Свыше 75 м до 100 м.....	1,1
2.	Свыше 100 м до 200 м.....	1,15
3.	Свыше 200 м.....	1,2

Расчет элементов ограждений и узлов их креплений для высотных зданий или сооружений при любой высоте  $h$  производится с коэффициентом  $\gamma_n=1,0$ .

### 3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕСУЩИХ ОСТОВОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

#### 3.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

##### ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При проектировании высотных зданий и сооружений, на его предпроектной стадии, выполняется комплекс инженерно-геологических изысканий с целью общей оценки инженерно-геологических и гидрогеологических условий выделенной под проектируемое строительство площадки; оценки возможности осуществления строительства высотного здания на данной площадке; выбора типа фундаментов. В соответствии с заданием на проектирование и техническим заданием на проведение комплексных изысканий, на стадиях «проект» и «рабочая документация» выполняются детальные инженерно-геологические изыскания. По результатам комплекса полевых исследований грунтов в пределах активной зоны основания под фундаментами высотного здания, а также зоны влияния на прилегающую территорию, составляется отчет об инженерно-геологических изысканиях. Отчет об инженерно-геологических изысканиях содержит: данные, необходимые для обоснованного выбора типа и размеров фундаментов; габариты несущих конструкций подземных частей высотного здания с учетом прогноза изменений инженерно-геологических и гидрогеологических условий и возможности развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов (в период строительства и эксплуатации объектов), а также

необходимые данные для оценки влияния строительства высотного здания на окружающую застройку (рис.3.1).

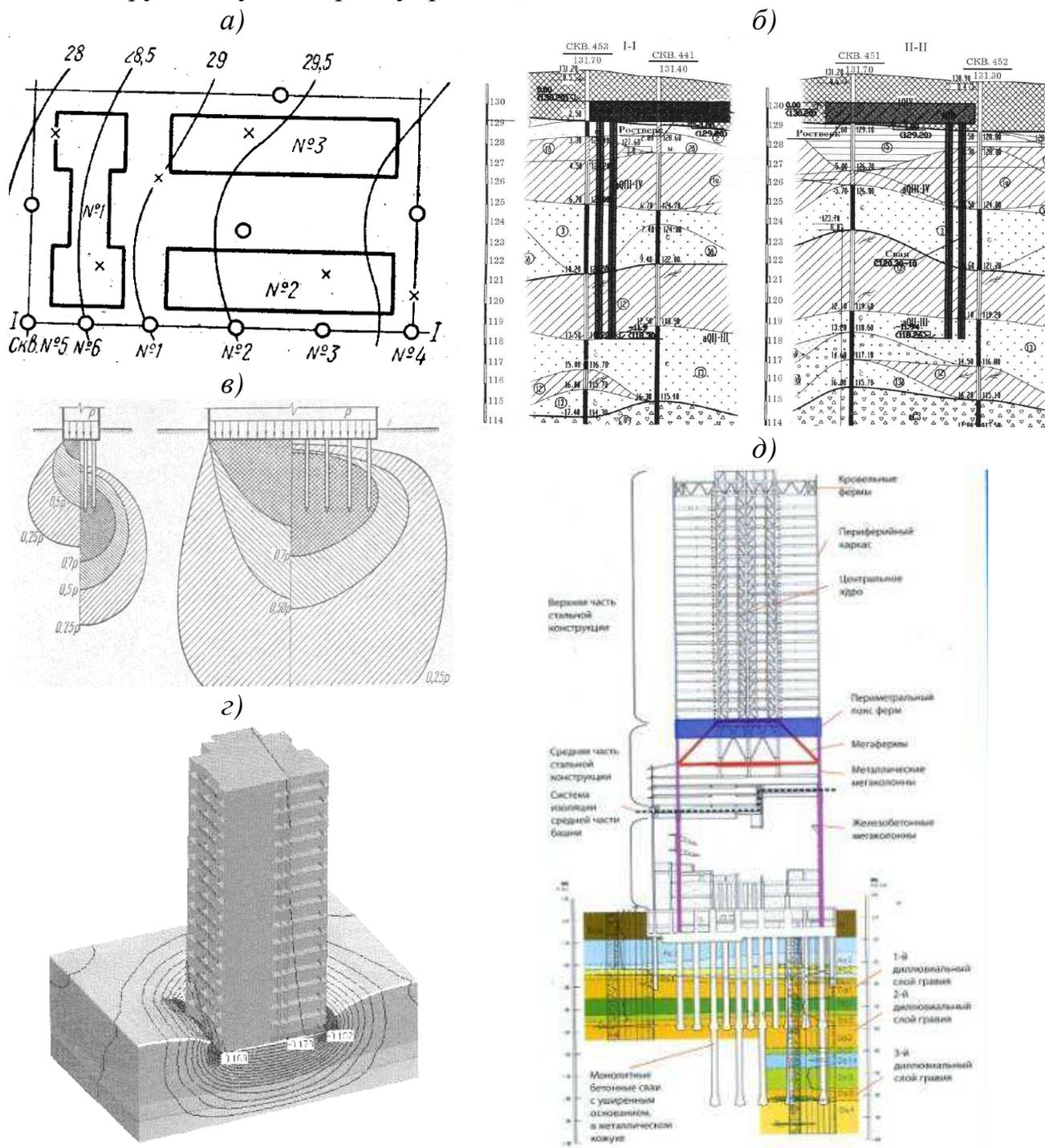


Рис. 3.1. Схемы к результатам топогеодезических и инженерно-геологических изысканий строительной площадки высотного здания: *а* – план строительной площадки с обозначением горизонталей и нанесенными контурами проектируемых зданий и мест расположения инженерно-геологических выработок (скважин); *б* – инженерно-геологические разрезы, совмещенные с разрезами по фундаментам; *в* – зоны развития напряжений в массиве грунта основания под разными типами фундаментов для учета влияния на окружающую застройку; *г* – деформационные схемы и изолинии осадок зданий и окружающего грунта; *д* – совмещенный разрез здания с геологическим разрезом

Современные высотные здания проектируются и возводятся с развитой подземной частью, имеющей несколько подземных этажей и расширенную по горизонтали стилобатную часть здания. В этом случае программа инженерно-геологических изысканий включает дополнительные требования с учетом особенностей, предъявляемых к изысканиям для подземных и заглубленных сооружений (рис. 3.1в).

Часть полевых исследований грунтов основания (зондирование (рис.3.2), испытание грунтов штампами (рис.3.3), прессиометрические испытания (рис. 3.4) для высотных зданий со значительной глубиной котлованов, осуществляется с отметки дна котлована, что позволяет полноценно и с высокой степенью экономической целесообразности оценить всю сжимаемую толщу под подошвой свайных и плитных фундаментов.

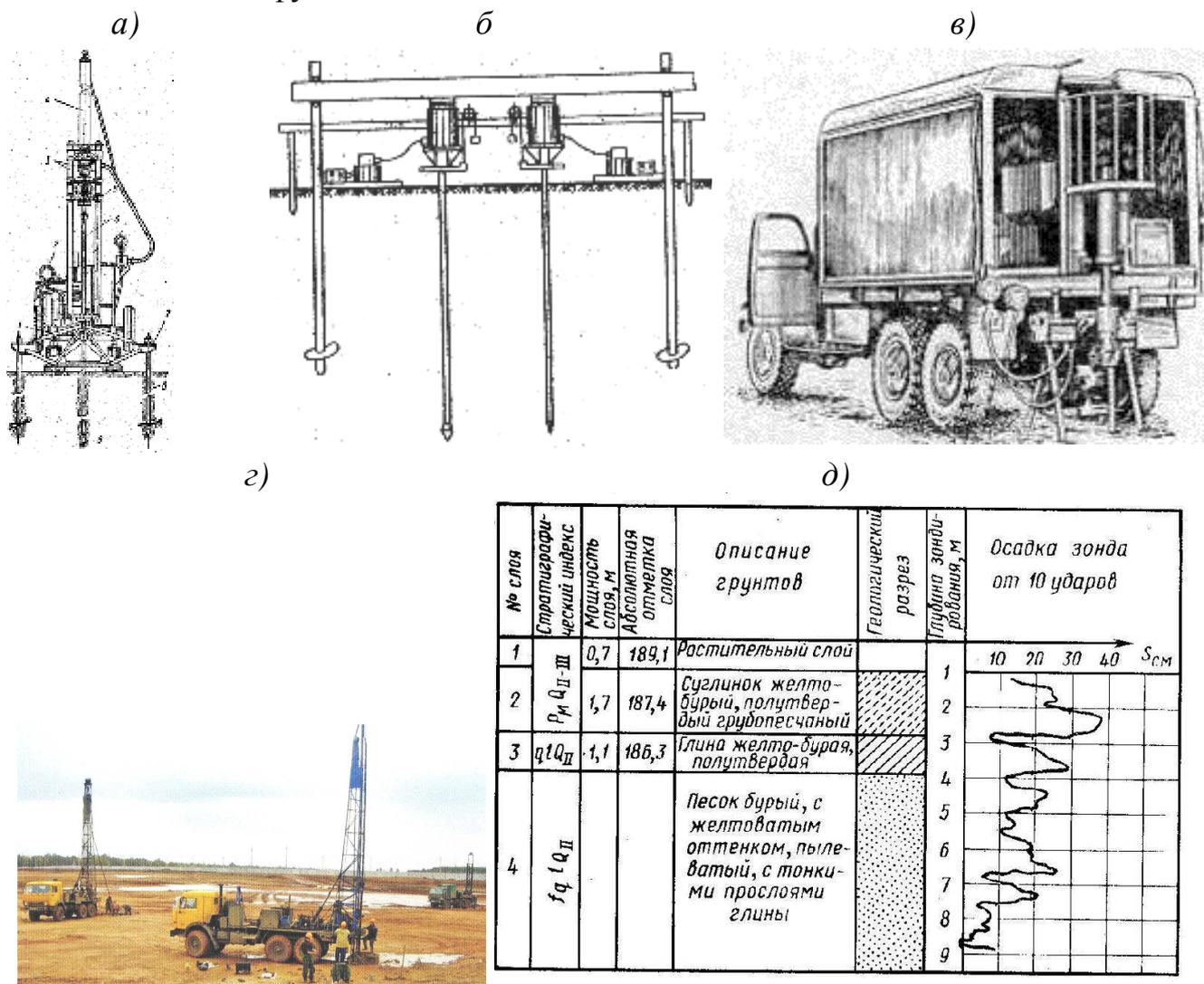
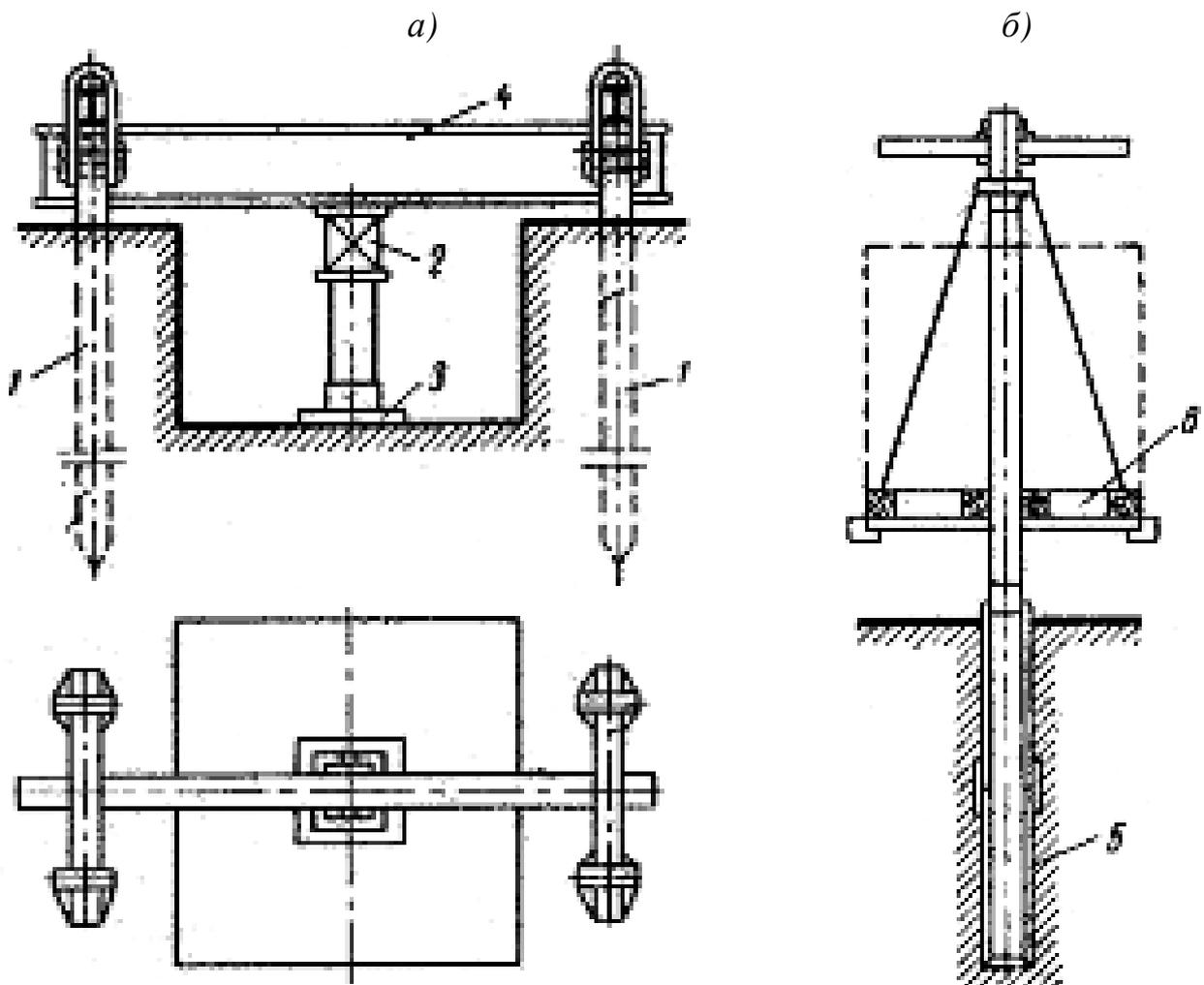


Рис.3.2. Исследование грунтов методами статического и динамического зондирования при помощи: а – установки УЗК-3 (ультразвукового контроля); б – комбинированной установкой НИИОСП; в – мобильной установкой на базе автомобиля; г – рабочий момент комплексного обследования грунтов основания под строительство высотного здания при помощи современной геотехники; д – диаграмма статического зондирования песчаных грунтов по глубине массива



в)

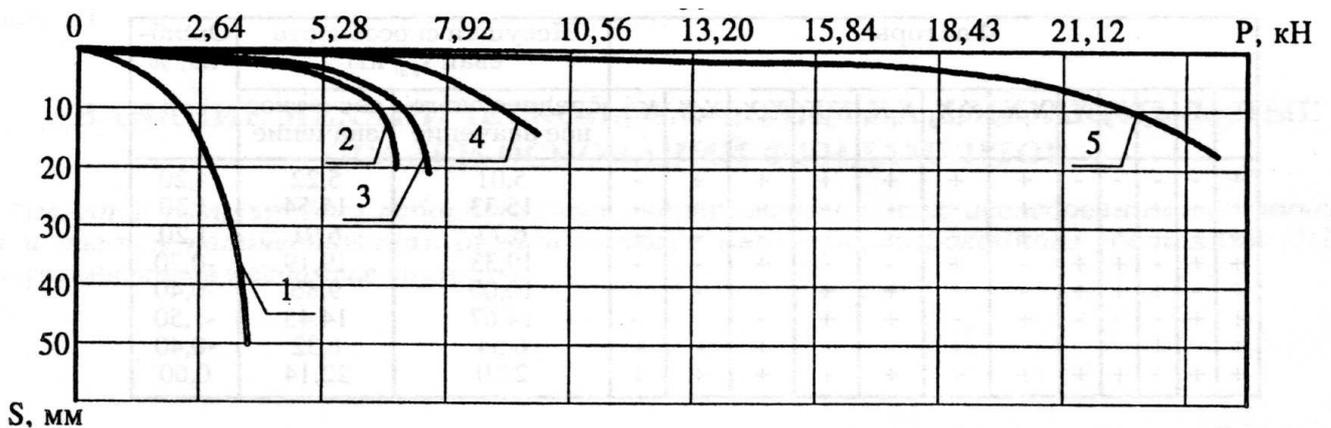


Рис. 3.3. Схема установок для испытания грунтов на сжимаемость при помощи штампов статическими вдавливающими нагрузками. *а* – со дна котлована, где 1 – анкерные сваи, 2 – гидравлический домкрат, 3 – металлический жесткий штамп расчетной площади; 4 – упорная сальная балка; *б* – в скважинах: 5 – обсадная труба со штампом, б – пригруз на штамп; *в* – график зависимости осадки штампа «*S*» мм от величины внешнего давления «*P*» кН,  $S=f(P)$ : 1 – в слабых грунтах, 2...4 – в надежных грунтах, 5 – в грунтах повышенной несущей способности

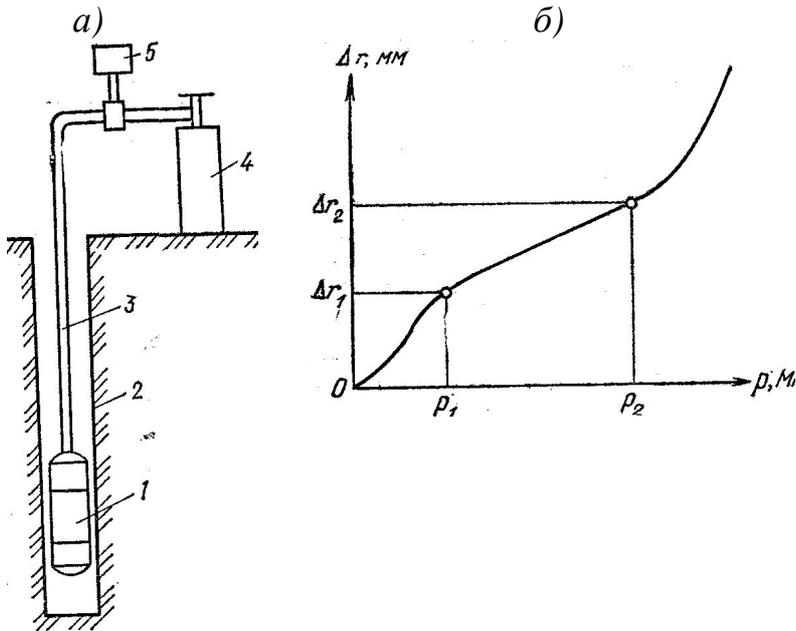


Рис. 3.4. Схемы полевых испытаний грунтов на сжимаемость в скважинах при помощи прессиометра (а) и график зависимости деформаций стенок скважины  $\Delta r$ , мм от давления  $P$ , МПа (б): 1 – резиновая камера; 2 – скважина; 3 – шланг; 4 – баллон сжатого воздуха; 5 – измерительное устройство

Важнейшие механические характеристики грунтовых оснований, оценивающие их прочностные свойства для дисперсной среды осадочных пород грунтов, являются угол внутреннего трения « $\varphi$ » и удельное сцепление « $c$ ». Наиболее достоверные результаты значений « $\varphi$ » и « $c$ » получают экспериментально в полевых условиях при помощи испытаний на срез «целиков» грунта. Наиболее распространенные схемы полевых исследований прочностных характеристик не скальных грунтов и графики испытаний на сдвиг, зависимости  $\tau=f(p)$ , приведены на рис. 3.5.

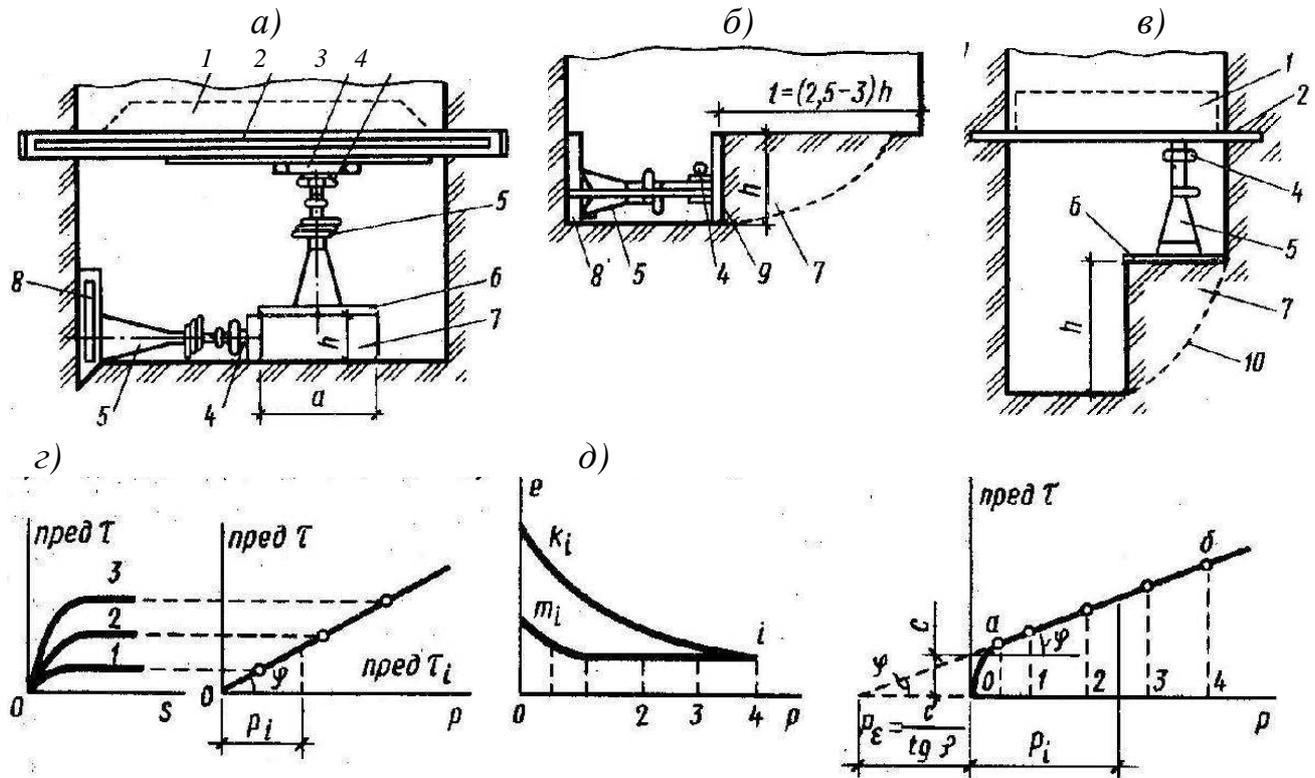


Рис. 3.5. Схемы установок для полевых испытаний «целиков» грунта на сдвиг (а, б, в): 1 – груз; 2 – упорная балка; 3 – тележка; 4 – динамометр; 5 – домкрат; 6 – штампы; 7 – целик грунта; 8 – упор; 9 – массив грунта; 10 – поверхность сдвига. Графики испытаний грунтов на сдвиг: з – для песчаных грунтов; д – для глинистых грунтов

В соответствии со специальной программой, составляемой на предпроектной стадии, в комплексе инженерно-геологических изысканий осуществляются опытные геотехнические работы, состав и объем которых определяется индивидуально. Применение конструкций свайных фундаментов (СФ) или комбинированных свайно-плитных (КСП) фундаментов высотных зданий предопределяет проведение испытаний свай статическими нагрузками. В условиях плотной городской застройки возведению высотного здания предшествует инженерное обследование грунтов основания и фундаментов существующих зданий и сооружений, попадающих в зону влияния высотного строительства. Производится прогноз изменений напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива и гидрогеологического режима подземных вод. В составе комплекта проектной документации разрабатывается раздел «Геотехнический мониторинг высотного здания», включающий проведение мониторинга компонентов геодезической среды и, в первую очередь, опасных геологических и инженерно-геологических процессов и динамики изменения подземных вод. На всех этапах проведения инженерно-геологических изысканий для высотных зданий в обязательном порядке проводятся геофизические исследования в сочетании с другими видами инженерно-геологических работ, а начиная с этапа предварительной оценки площадки строительства осуществляется геотехническая экспертиза. Нагрузки, передаваемые на грунты основания от высотных зданий, значительно превышают нагрузки от обычных зданий и сооружений. Поэтому при проектировании подземной части высотных зданий используется современная актуализированная нормативная база, отечественный и зарубежный опыт строительства, апробированные инженерные методики и численные пространственные расчеты в нелинейной постановке. Большое внимание уделяется выбору типа и конструкции фундамента, определению основных параметров фундаментной конструкции и подземной части высотного здания. На основании технико-экономического и сопоставительного анализа производится привязка высотного здания к местным условиям. Практика проектирования, возведения и эксплуатации высотных зданий позволила выработать основные тенденции при проектировании, позволяющие обеспечить прогнозируемую расчетами абсолютную осадку, включая осадку во времени; ограничение ее неравномерности; общую устойчивость грунта основания; требуемую надежность, прочность и устойчивость системы «основание–фундамент–здание» с оптимизацией условий взаимодействия здания с основанием. Основными решениями оптимизации условий взаимодействия конструкций фундамента высотного здания с основанием считаются: устройство одного или нескольких подземных этажей; использование таких конструктивных решений фундаментов, реализация которых ведет к уменьшению или исключению эксцентриситета нагрузок на основание и фундаменты здания; устройство вокруг подземной части здания надземных стилобатных сооружений и т.д.). Важным этапом для правильной геотехнической оценки грунтов основания под высотными зданиями является составление достоверной расчетной схемы (плоская постановка задачи) или пространственной модели (пространственная постановка задачи) и расчет численными методами

с использованием современных программных комплексов. В плоской постановке численные расчеты основания, фундаментов и подземных частей высотного здания производятся для характерных сечений здания в случаях, когда возможна соответствующая схематизация принятой расчетной модели. В случаях, когда высотное здание имеет сложную геометрию конструктивного объема здания в плане и по высоте, значительные по величине внецентренные нагрузки, существенную неоднородность строения и свойств грунтов основания и др., расчеты выполняют в пространственной постановке. В тех случаях, когда на предварительных этапах расчета и проектирования выявлено, что условия работы основания высотного здания близки к предельным значениям, производятся геотехнические расчеты, которые выполняются с учетом совместного взаимодействия конструкций высотного здания и основания; геометрической и физической нелинейности; неоднородности, анизотропии, пластических и реологических свойств грунтов оснований и материалов конструкций; развития областей пластических деформаций в основании; последовательности и технологии возведения высотного здания. Из условия обеспечения требуемой прочности, длительной эксплуатационной пригодности и экономической целесообразности, для фундаментов высотных зданий применяется бетон класса, не ниже В25. Под плитными фундаментами высотных зданий предусматривается бетонная подготовка из тяжелого бетона класса, не ниже В10, толщиной, принимаемой в зависимости от инженерно-геологических условий и методов производства работ, но не менее 150 мм.

### 3.2. КОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ И ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Проектирование, возведение и эксплуатация строительных конструкций подземной части высотных зданий и их фундаментов осуществляется с учетом их взаимодействия с грунтовым основанием, исследованным при инженерно-геологических изысканиях, а также особенностей, свойственных высотным зданиям и небоскрегам, включая следующее:

– высотные здания по сравнению с обычными зданиями и сооружениями передают на грунтовое основание значительно большие по величине и более неравномерные по площади контура застройки нагрузки.

Исследованиями установлено, что удельное давление на грунтовое основание под фундаментной конструкцией ряда возведенных и эксплуатируемых высотных зданий и небоскребов достигают  $P=0,6-1,8\text{МПа}$  ( $P=6,0-18,0\text{ кг/см}^2$ ) при условии, что для обычных зданий эта величина составляет  $P=0,15-0,30\text{МПа}$  ( $P=1,5-3,0\text{ кг/см}^2$ );

– высотные здания и сооружения, как правило, имеют глубокую подземную часть, часто один и более подземных этажей. В связи с этим, а также с учетом повышенных нагрузок на грунты основания, активная зона от воздействия фундаментов высотных зданий и сооружений распространяется на глубокие и наименее изученные горизонты геологической среды;

– еще одна отличительная особенность подземной части высотных зданий связана с двумя предыдущими и состоит в том, что строительство высотного здания с развитой подземной частью вызывает существенные изменения на-

пряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива и вследствие этого увеличение зоны влияния нового строительства на существующую застройку.

Конструкции фундаментов высотных зданий и небоскребов, передающие колоссальные нагрузки на грунты основания, проектируются с высокой степенью надежности, при этом должны гарантироваться незначительные деформации осадки и отсутствие крена. За прошедший период от возведения первого высотного здания до настоящего времени, строительные конструкции и технологии возведения фундаментов и элементов подземной части непрерывно развивались и совершенствовались, позволяя достигать больших глубин, передавать на грунты основания увеличивающиеся по величине нагрузки, сокращать сроки выполнения работ, повышать безопасность и надежность.

Первым высотным зданием принято считать здание Страховой компании (The Home Insurance Building), имевшее 10 этажей и построенное в Чикаго в 1885 году [66]. Несущий остов этого здания представлен наружными стенами и металлическим каркасом, что являлось новаторским решением на тот исторический период.

В 1950–1970 гг. инженеры начали перераспределять жесткости высотных зданий и сооружений в сторону центрального ядра и наружного периметра для более эффективного и экономичного восприятия ветровых нагрузок. При такой конструктивной схеме нагрузки на фундамент перестали быть равномерными по площади, концентрируясь по периметру и в центральной части – ядре жесткости. В современных условиях центральное коробчатое ядро высотного здания или небоскреба выполняется обычно из высокопрочного железобетона, по периметру здания с большим шагом устраиваются так называемые «суперколонны», объединяемые с ядром жесткости помимо обычных перекрытий аутригерными конструкциями в технических этажах, что позволяет разгрузить суперколонны и создать требуемую пространственную жесткость сооружения.

Применение современных конструктивных систем позволяет организовать практически полностью светопрозрачные фасады, использовать произвольные архитектурные формы и свободно планировать помещения в периметральной зоне высотных зданий и небоскребов. Такие технические решения надземных конструкций приводят к необходимости восприятия основаниями и фундаментами гигантских напряжений в области центрального ядра и под суперколоннами.

В условиях современной геотехники, технологии и прогресса в высотном строительстве, для возведения надежной подземной части практикуется применение сверхглубоких фундаментов, достигающих коренных скальных пород. Современные сваи и баретты достигают глубины более 100 м, диаметр свай превышает 3 м, ширина баретт составляет до 1,5 м. Максимальная нагрузка, на которую были выполнены натурные испытания одиночной глубокой опоры, превышала 250 МН (25000 тонн).

Геотехнологии XXI века позволяют эффективно устраивать в стесненных городских условиях глубокие котлованы, сохраняя при этом существующую застройку и коммуникации. Подземные части высочайших современных небоскребов имеют до шести этажей, позволяя размещать в них автостоянки и

вспомогательные помещения, а также опускаться конструкциями ближе к малосжимаемым грунтам и скальным основаниям.

Значительное место при устройстве заглубленных частей высотных зданий и небоскребов занимает современная технология «стена в грунте», а также полужакрытый метод механизированной разработки грунта котлованов по технологии «сверху вниз», позволяющий вести разработку грунта из-под подземных перекрытий.

Первые высотные здания возводились в Чикаго в последнее десятилетие XIX в. с применением столбчатых фундаментов и забивных свай. Однако с ростом этажности на столбчатые фундаменты стало невозможно передавать повышенную нагрузку, а забивные сваи не везде могли достичь материковых пород или скалы, т.к. составные сваи на рубеже XIX и XX вв. еще не использовались. Надежное и прогрессивное решение по проходке глубоких опор кессонным способом в позапрошлом веке было предложено в Нью-Йорке инженером-мостовиком Чарльзом Сойсмитом. Опускаясь в процессе работ, кессон достигал материковой скальной породы, после чего выполнялось бетонирование рабочей камеры (фундамента). Принципиальные схемы устройства глубоких фундаментов разными способами приведены на рис.3.6.

Дополнительные возможности для строительства высотных зданий на застроенных территориях дают также современные методы искусственного улучшения строительных свойств грунтов оснований и усиление существующих конструкций фундаментов. Новым словом техники в области фундаментостроения являются энергосберегающие фундаменты, позволяющие получать дополнительную энергию, используемую в здании, за счет теплового обмена с грунтовым основанием на значительных глубинах.

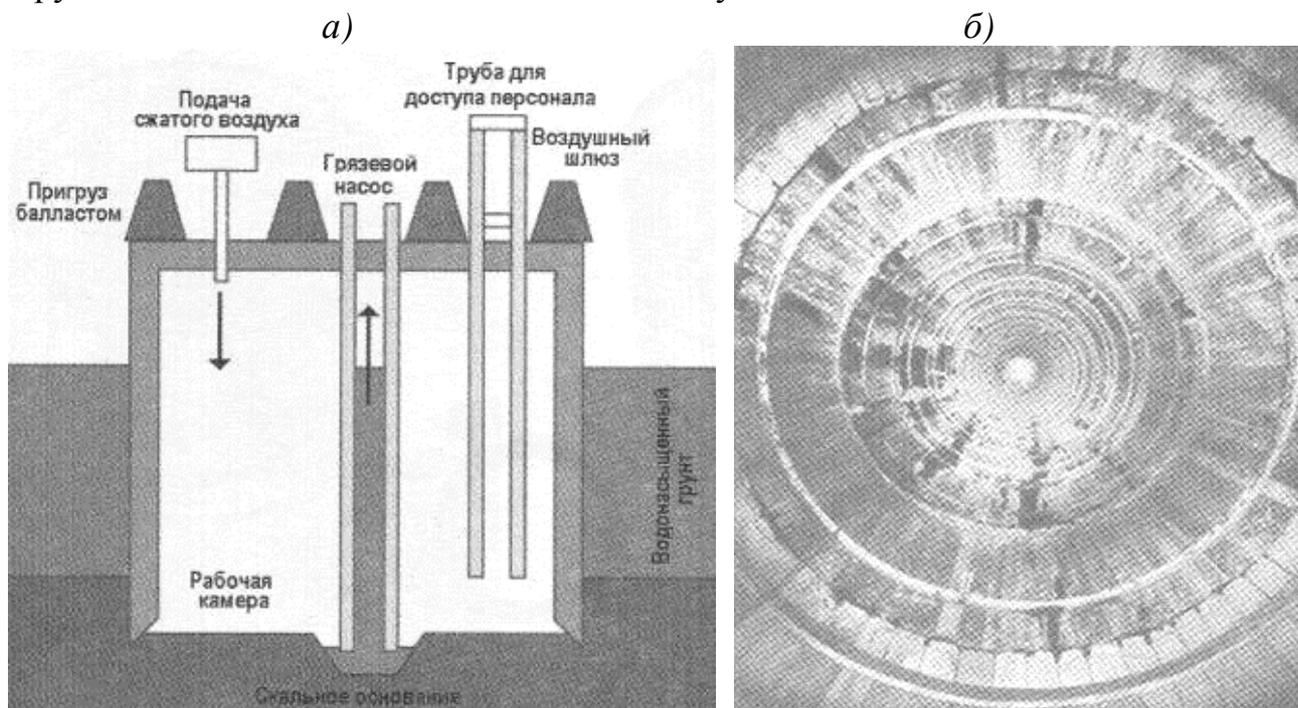


Рис. 3.6. Способы устройства первых глубоких фундаментов под высотными зданиями. А – принципиальная схема устройства закрытого кессона; б – вид сверху на открытый кессон (Нью-Йорк, 1914 г., глубина кессона 30 м, диаметр 2,9 м)

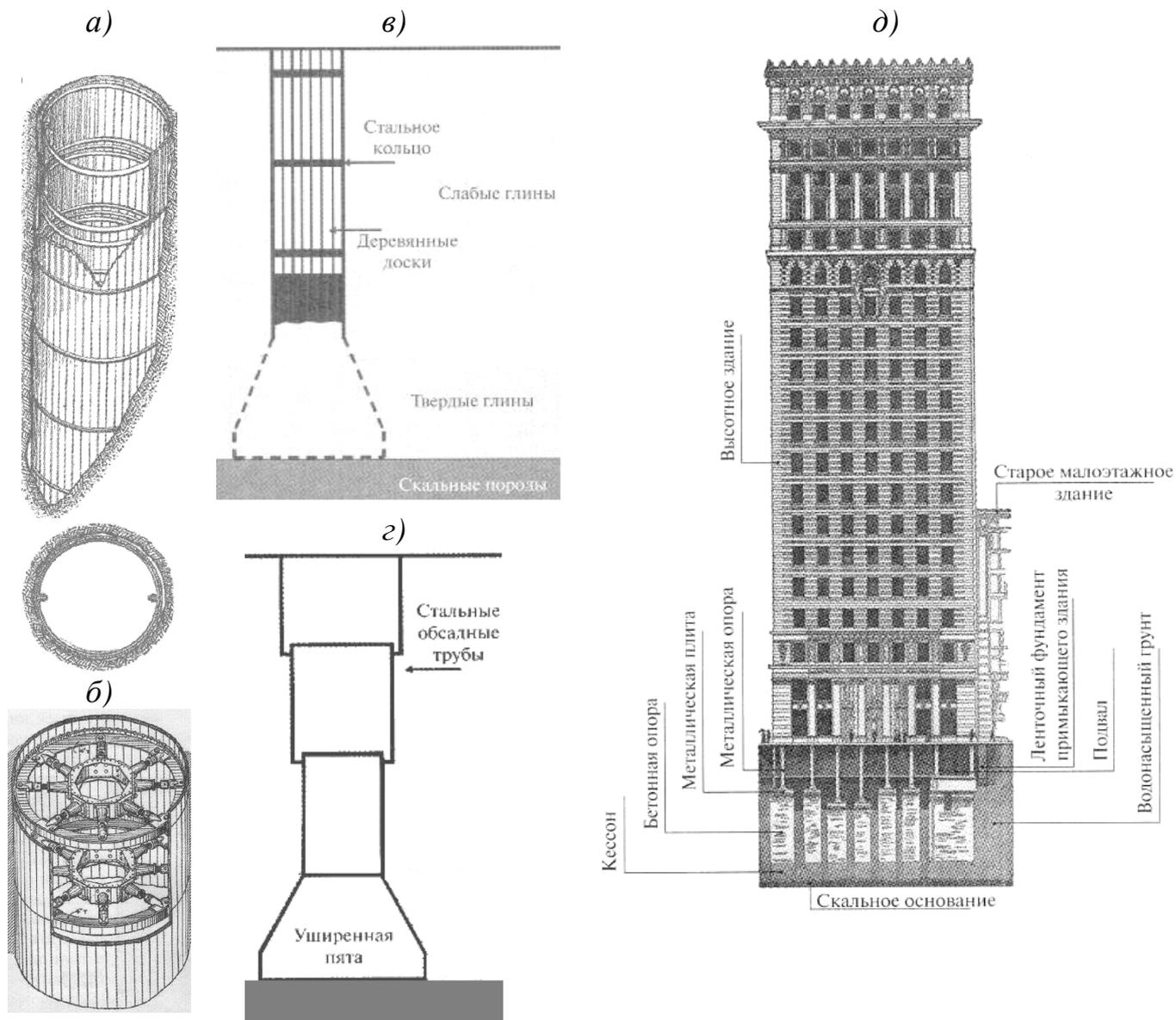


Рис. 3.7. Способы устройства первых глубоких фундаментов под высотными зданиями: *а, б* – фундаменты в виде шахтных стволов с креплением стенок – вид сверху на открытый кессон (Нью-Йорк, 1914 г., глубина кессона 30 м, диаметр 2,9 м); *в, г* – глубокие шахтные опоры в качестве фундаментов под высотные здания по Чикагскому методу (*в*) и методом генерала Гоу (*г*); *д* – схема устройства фундаментов первых небоскребов Манхеттена на примере Бродвей Чамберз Билдинг (1900 г.)

### 3.3. КОНСТРУКЦИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Как и для многоэтажных зданий, обеспечение требуемой прочности, устойчивости и повышенной пространственной жесткости высотных зданий осуществляется за счет применения конструктивных систем, состоящих из вертикальных (колонны, пилоны, стены, диафрагмы жесткости, ядра жесткости) и горизонтальных (перекрытия, покрытия) несущих конструкций [27, 35] (рис. 3.8; 3.9; 3.10; 3.11; 3.12; 3.13; 3.14; 3.15).

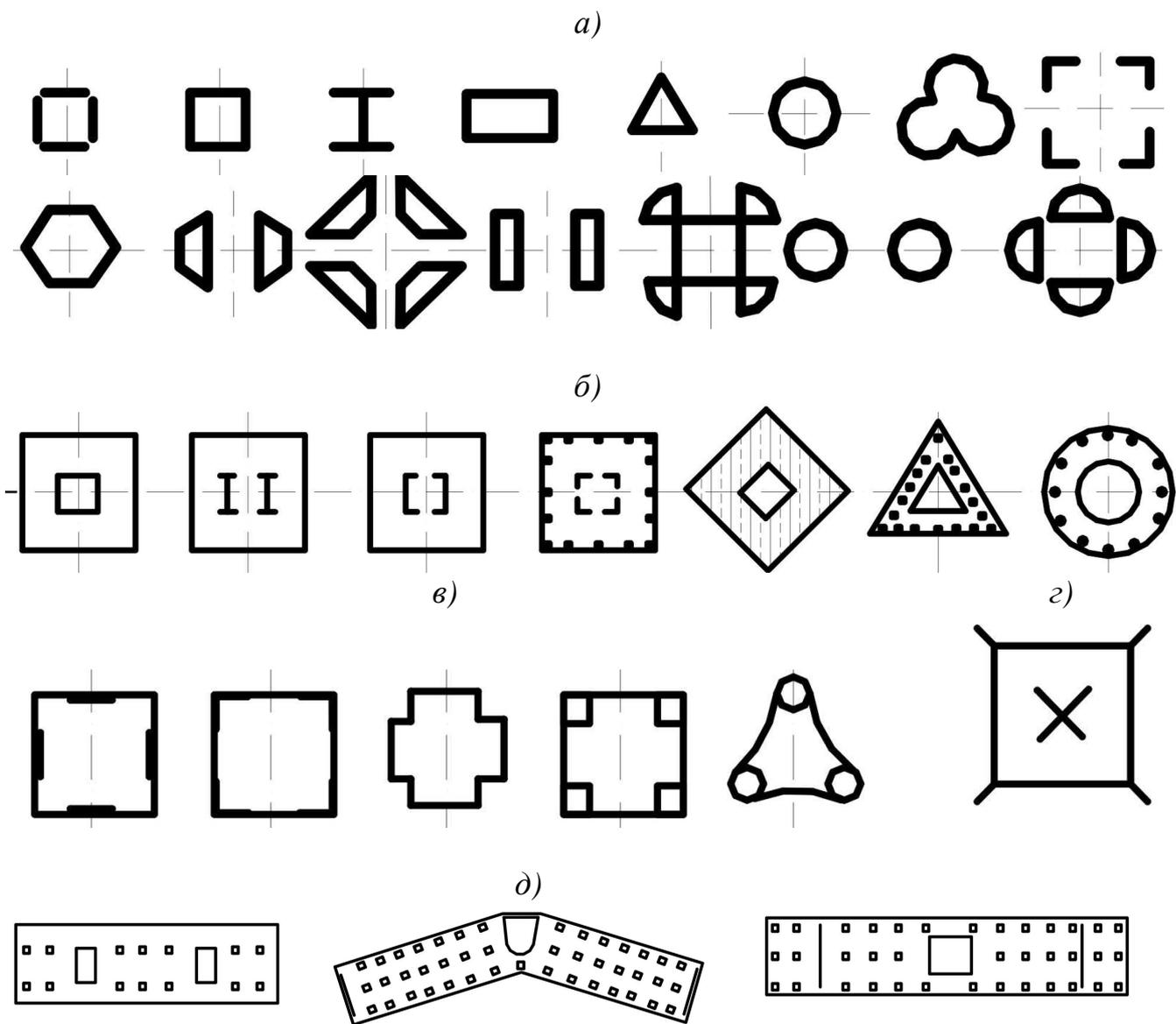


Рис.3.8. Оптимальные геометрические формы в плане вертикальных элементов жесткости: *a* – характерные геометрические формы пилонов и стволов жесткости; размещение элементов жесткости в зданиях компактной формы: *б* – с центральным расположением в плане здания; *в* – то же, с периферийным расположением элементов жесткости; *г* – комбинированное расположение элементов жесткости *д* – то же, элементы жесткости в протяженных зданиях

Для высотных зданий повышение пространственной жесткости достигается за счет применения комплекса инженерных мероприятий, включая:

- симметрично расположенные и развитые в плане диафрагмы и ядра жесткости;
- конструктивные системы с несущими наружными стенами и жесткими оболочковыми системами, размещенными по всему контуру высотного здания;
- конструктивные системы с регулярным расположением несущих конструкций в плане и по высоте высотного здания с равномерным распределением вертикальных нагрузок;

- жесткие диски перекрытий, объединяющие вертикальные несущие конструкции и выполняющие функции горизонтальных диафрагм жесткости при действии ветровых или сейсмических нагрузок;
- жесткие узловые соединения между несущими вертикальными и горизонтальными конструкциями;
- горизонтальные балочные или раскосные пояса жесткости в уровне технических этажей (особенно верхнего), обеспечивающие совместную работу на изгиб всех вертикальных несущих конструкций высотного здания.

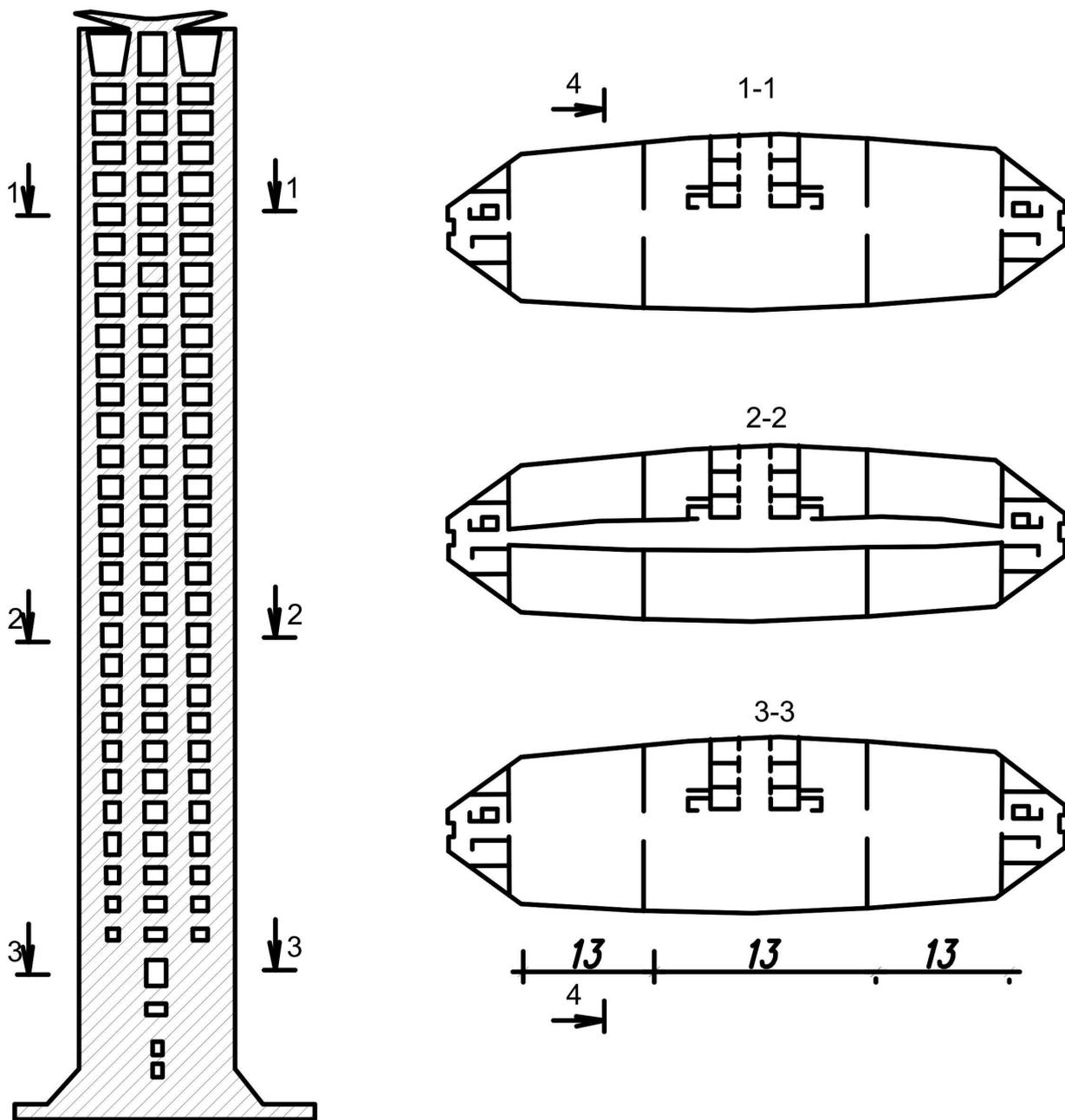


Рис.3.9. Пример устройства и размещения жестких элементов (ядра жесткости, плоских диафрагм жесткости, пилонов) в 32-этажном здании фирмы «Пирелли», расположенном в городе Милане

В современных условиях несущие конструкции высотных зданий преимущественно выполняются цельномонолитными из железобетона и сталежелезобетонными, а также сборно-монолитными и цельносборными из железобетона. Конструирование несущих элементов каркаса высотного здания из железобетона с применением гибкой стержневой арматуры, предполагает следующие основные правила, в том числе следующие:

- колонны каркаса проектируются с симметричным продольным армированием и расположением рабочей арматуры, как у граней поперечного сечения колонн, так и в необходимых случаях в срединной части сечения колонн. При этом минимальный размер поперечного сечения принимается не менее 400 мм;

- стены и ядра жесткости проектируются с симметричным расположением вертикальной и горизонтальной арматуры, располагаемой у боковых граней поперечного сечения железобетонных конструкций;

- плиты перекрытия и покрытия проектируются с двойным армированием поперечного сечения и расположением рабочей арматуры у верхней и нижней граней конструкции с расчетным защитным слоем бетона.

В последнее время широкое распространение получили сталежелезобетонные конструкции. Такие конструкции выполняются из бетона и жестких стальных элементов или жесткой арматуры (стальные прокатные и сварные профили: двутавры, швеллеры, трубы и т.д.).

Сталежелезобетонные конструкции применяются в основном для колонн в тех случаях, когда их несущая способность при гибкой или стержневой арматуре и ограниченной площади поперечного сечения оказывается недостаточной. Также сталежелезобетонные конструкции выполняются в отдельных случаях для стен (в том числе стен ядер жесткости) и балок плит перекрытий.

Вариант возведения несущего каркаса из сборно-монолитных конструкций в высотном строительстве применяется для перекрытий и стен остова с использованием сборных элементов в качестве оставляемой опалубки или как часть несущей конструкции здания.

Для сборно-монолитных конструкций стен, ядер жесткости и перекрытий производится расчет сборных элементов на стадии возведения, до набора требуемой прочности монолитного бетона, а расчет сборно-монолитной конструкции на стадии эксплуатации – при совместной работе сборного элемента и монолитного бетона, с учетом напряжений и деформаций, полученных сборным элементом на стадии возведения, а также прочности и податливости сопряжений сборных элементов и монолитного бетона.

Сборные железобетонные конструкции полной заводской готовности при возведении высотных зданий применяют для междуэтажных перекрытий и покрытия.

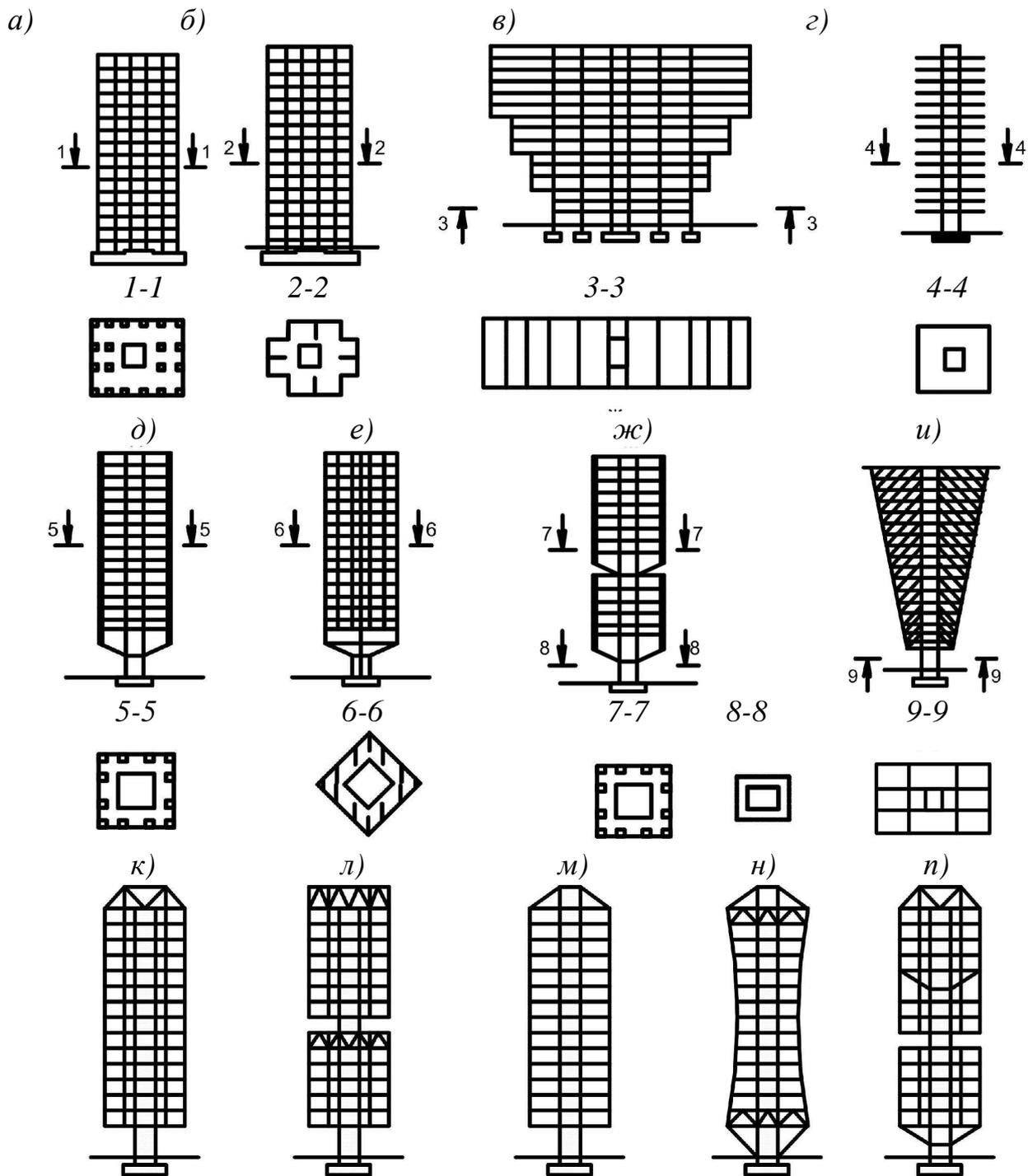


Рис. 3.10. Варианты конструктивных систем со ствольной схемой обеспечения пространственной жесткости высотных зданий: *а* – каркасно-ствольная; *б* – ствольно-стенная; *в* – каркасно-ствольная с консольными этажами; *г* – ствольная с консольными конструкциями перекрытий каждого этажа; *д*, *е* – ствольная с консольным поясом в нижнем уровне; *ж* – с консольными поясами в двух уровнях; *и* – с трапециевидной консолью на высоту здания; *к* – с подвеской перекрытий к консольному оголовку в верхнем уровне; *л* – то же, к оголовку и промежуточному поясу; *м* – то же, к вершине ствола на оттяжках и подвесках; *н* – с предварительно напряженными подвесками, работающими совместно со стволом на горизонтальные воздействия; *п* – комбинированная система с консольными поясами и подвесками

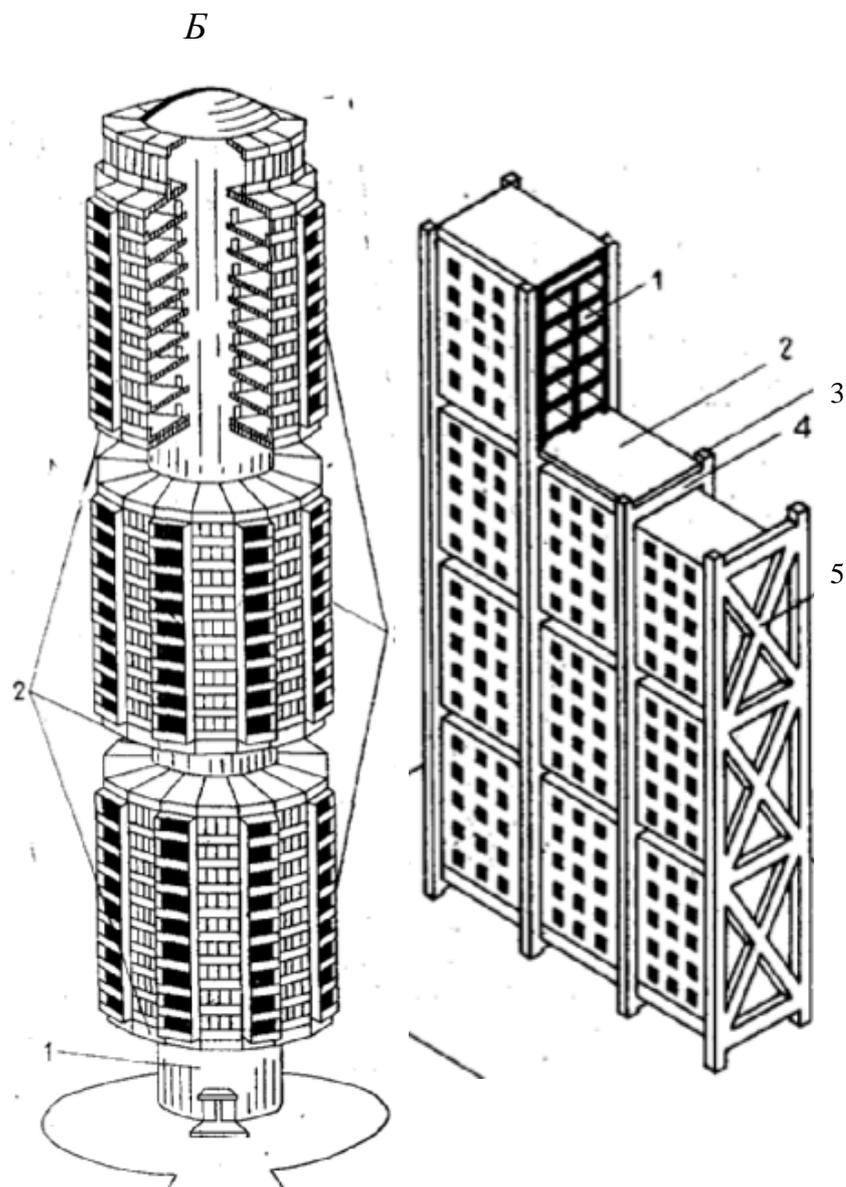
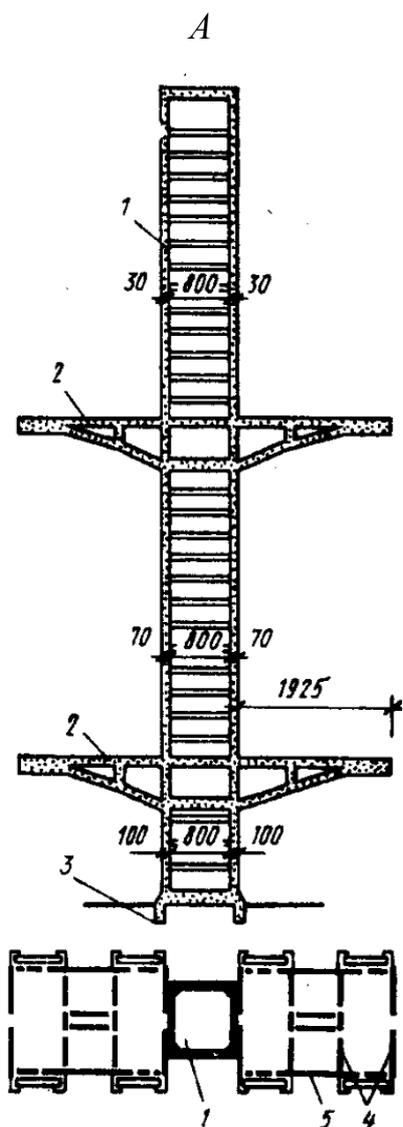


Рис.3.11. Конструктивные схемы высотного здания со стволовой системой обеспечения пространственной жесткости, выполненной из монолитного железобетона с консолями. А – для панельных навесных элементов: 1 – цельномонолитный железобетонный ствол; 2 – конструкции несущих консолей; 3 – фундамент; 4 – несущие поперечные панели; 5 – навесные поперечные панели. Б – с консольными платформами: 1 – ствол из монолитного железобетона, опертый на фундамент глубокого заложения; 2 – опорные железобетонные консольные платформы; 3 – этажи смонтированные из типовых панелей

Рис. 3.12. Здание повышенной этажности из типовых пятиэтажных блоков на этажерке: 1 – пятиэтажный жилой блок, смонтированный из типовых панельных конструкций; 2 – опорная несущая платформа; 3 – колонны; 4 – ригели этажерки; 5 – крестовые связи в торцах железобетонной этажерки

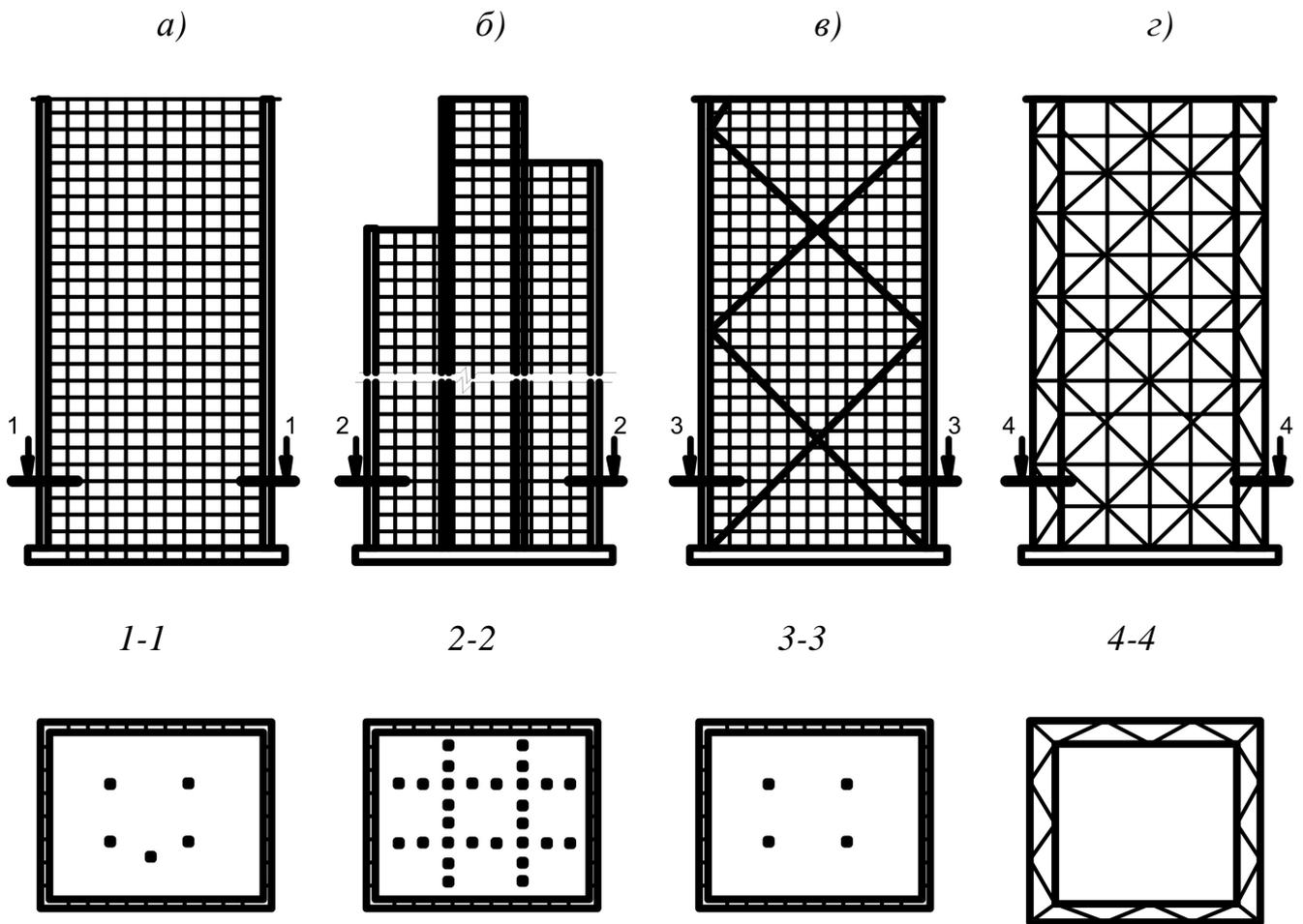


Рис.3.13. Конструктивные схемы высотных зданий с наружными жесткостными элементами (оболочковые здания) в виде: *а* – пространственной рамы («труба»); *б* – пространственной рамы с внутренними диафрагмами («пучок труб»); *в* – связевой системы в виде пространственной макрофермы; *г* – связевой системы в виде пространственной структурной конструкции

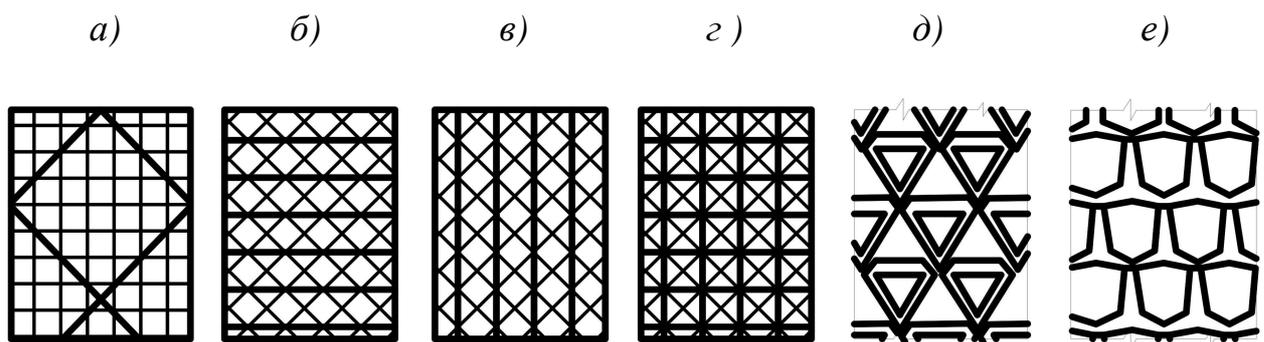


Рис. 3.14. Схемы и примеры конструкций оболочки: *а* – с прямоугольными элементами жесткости; *б* – раскосной с ригелями; *в* – то же без ригелей; *г* – то же, с ригелями и стойками; *д, е* – примеры сборно-монолитных оболочек

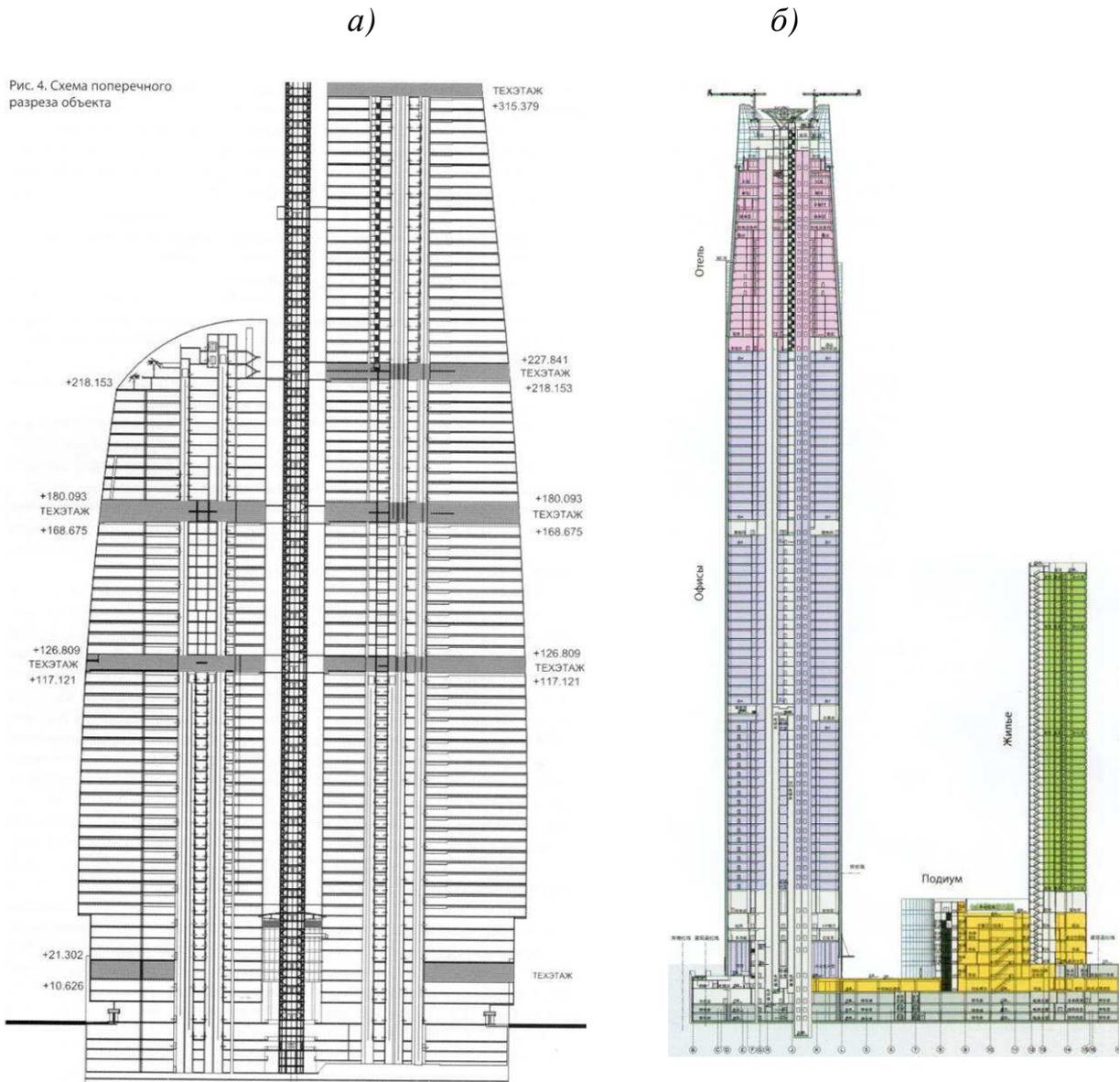


Рис. 3.15. Схемы поперечных разрезов современных высотных зданий:  
*а* – комплекс «Федерация»; *б* – LOGAN CENTURY CENTR

### 3.3.1. Расчет и проектирование конструктивных систем остова высотных зданий

При проектировании высотного здания или сооружения особое внимание обращается на полное представление о всей сложной конструктивной системе и работе несущего остова по схеме «основание–фундамент–здание». В современных условиях с развитием компьютерных технологий, основные аналитические расчеты для простых и сложных высотных конструкций выполняются с помощью программных комплексов. Упрощенные ручные расчетные методики применять в настоящее время не рекомендуется. Особенностью расчета несущей конструктивной системы высотных зданий, включающей надземные, подземные конструкции и фундаменты, является то, что расчет производится для последовательных стадий возведения (увеличения высоты и массы возводимого здания) и стадии эксплуатации, принимая соответствующие расчетные схемы, отвечающие рассматриваемым стадиям.

Определение усилий в несущих элементах конструктивной системы и горизонтальных перемещений верха высотного здания, деформационные (жесткостные) характеристики железобетонных элементов принимаются с учетом возможного образования трещин и развития неупругих деформаций в бетоне и арматуре. Конструктивная система высотного здания при расчете его устойчивости на опрокидывание и сдвиг принимается как жесткое недеформируемое тело. При определении усилий и деформаций в несущих элементах высотного здания, вычислении значений общей деформации конструктивной системы, а также оценки общей устойчивости производится расчет, выполняемый в два этапа.

Первый этап расчета – выполняется на начальной стадии проектирования для предварительного назначения геометрических характеристик и выбора материала несущих конструкций с использованием упрощенных, в т.ч. стержневых моделей.

Второй этап расчета – выполняется для окончательного назначения всех характеристик несущих конструкций с использованием сертифицированных программных комплексов, основанных на методе конечных элементов (МКЭ), в том числе позволяющих учитывать неупругие свойства железобетонных конструкций. Окончательное решение принимается по результатам расчетов, произведенным по этим программным комплексам несколькими независимыми организациями.

При действии ветровой или сейсмической нагрузки на высотное здание происходит горизонтальное перемещение его верхней части с отклонением от вертикальной оси. Для обеспечения требуемой устойчивости высотного здания производится расчет с целью установления предельных горизонтальных перемещений его верхней части  $f_{ult}$  с учетом крена фундамента. Такой расчет, в современных условиях производится методом конечных элементов при помощи автоматизированных программных комплексов с использованием недеформированной схемы в зависимости от высоты здания  $h$ . Отечественными нормами введены ограничения величин предельных горизонтальных перемещений  $f_{ult}$  верха высотных зданий, приведенные в табл.3.1.

Таблица 3.1

Предельное горизонтальное перемещение  $f_{ult}$  верха высотного здания с учетом крена фундамента при расчете по недеформированной схеме

Высота здания $h$ , м	Предельное горизонтальное перемещение $f_{ult}$ верха высотного здания с учетом крена фундамента при расчете по недеформированной схеме
– до 150 м (включительно)	1/500
– при $h=400$ м	1/1000

Примечание к табл.3.1. При промежуточных значениях высоты  $h$  зданий предельное горизонтальное перемещение  $f_{ult}$  определяется по линейной интерполяции.

Значения предельных горизонтальных перемещений  $f_{ult}$  верха высотного здания при расчете по деформированной схеме ограничиваются условиями и особенностями эксплуатации технологического оборудования, размещаемого в здании. Социально-психологическая проблема обеспечения комфортного пребывания людей на верхних этажах высотных зданий решается при помощи применения комплекса инженерно-технических мероприятий. Критерием требуемой комфортности пребывания людей на верхних этажах высотных зданий считается условие, при котором численное значение ускорения колебаний конструкций перекрытий пяти верхних этажей от действия ветровой нагрузки не должно превышать  $0,08 \text{ м/с}^2$ , т.е.  $a_{vib} \leq 0,08 \text{ м/с}^2$ . В случае, если это требование не выполняется, предусматривается комплекс инженерных и конструктивных мер по снижению уровня колебаний здания, например, при помощи использования гасителей колебаний.

По результатам всего комплекса расчетов, произведенных инженерными и численными методами, производится проектирование несущих и ограждающих конструкций высотных зданий, которое осуществляется в соответствии с действующими и актуализированными нормативными документами. Расчетные усилия  $N$ ,  $Q$ ,  $M$ , возникающие в конструктивных элементах несущего остова высотного здания при приложении вертикальных (собственный вес, снег, гололед, полезная нагрузка) и горизонтальных (ветровая нагрузка, сейсмические нагрузки, нагрузки от оборудования) сил, как правило, распределяются по высоте здания с нарастанием численного значения снизу кверху. Поэтому при проектировании вертикальных несущих элементов каркаса, включая колонны, стены, диафрагмы и ядра жесткости, отечественными строительными нормами допускается применение размеров поперечных сечений переменными по высоте, с уменьшением размеров сечений в колоннах и толщины с уменьшением толщины стен, диафрагм и ядер жесткости. Для высотных зданий решающим фактором обеспечения местной и общей устойчивости вертикальных конструктивных элементов каркаса и здания в целом является гибкость, которая регламентируется отечественными строительными нормами. Поэтому гибкость конструкций колонн и стен из плоскости (гибкость  $\lambda$  – это соотношение  $l_0/i$ , где  $l_0$  – расчетная длина,  $i$  – радиус инерции поперечного сечения элемента каркаса) принимается не более  $\lambda \leq 60$ .

Вертикальные несущие конструктивные элементы остова высотных зданий, включая колонны, пилоны, стены, диафрагмы, ядра жесткости проектируются из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие не менее В25. Горизонтальные несущие конструктивные элементы остова высотных зданий, включая плиты междуэтажных перекрытий и покрытия, лестницы проектируются из легких и тяжелых бетонов класса по прочности на сжатие не менее В25. В качестве стержневой арматуры в несущих конструктивных элементах, изготовленных из монолитного, сборного или сборно-монолитного железобетона, принимается рифленая и гладкая арматура, рекомендуемая [27].

### 3.3.2. Расчет и проектирование конструкций остова высотных зданий на прогрессирующее обрушение

В условиях воздействия экстремальных нагрузок на каркас высотного здания или формирования и возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) есть вероятность появления локальных разрушений несущих конструкций пространственного каркаса. Такие разрушения не должны приводить к прогрессирующему обрушению здания.

Прогрессирующее обрушение (*progressive collapse*) означает последовательное разрушение несущих строительных конструкций здания (сооружения), обусловленное начальным локальным повреждением отдельных несущих конструктивных элементов и приводящее к обрушению всего здания или его значительной части [34]. Начальное локальное повреждение конструктивных элементов здания возможно при аварийных ситуациях (взрывы газа, теракты, наезд автотранспорта, дефекты проектирования, строительства или реконструкции и т.п.), не предусмотренных условиями нормальной эксплуатации здания.

В несущей системе здания допускается разрушение при аварийной ситуации отдельных несущих конструктивных элементов, однако эти разрушения не должны приводить к прогрессирующему обрушению, т.е. к разрушению смежных конструктивных элементов, на которые передается нагрузка, воспринимавшаяся ранее элементами, разрушенными в результате аварийной ситуации.

К числу чрезвычайных ситуаций относятся: ЧС природного происхождения, ЧС антропогенного и техногенного происхождения, приведенные в табл.3.2.

Таблица 3.2

Опасные чрезвычайные ситуации природного, антропогенного и техногенного происхождения

Наименование аварийной чрезвычайной ситуации (ЧС)	Описание опасных процессов, вызывающих чрезвычайные ситуации
Природного происхождения	Опасные метеорологические явления; образование карстовых воронок и провалов в основаниях зданий
Антропогенного (с участием человеческого фактора), включая фактор техногенного происхождения	Взрывы снаружи или внутри здания; пожары; аварии или значительные повреждения несущих конструкций вследствие дефектов в строительных материалах; некачественное производство работ и др.

Поэтому при проектировании высотных зданий предусматривается комплекс мероприятий против прогрессирующего обрушения. Расчет устойчивости высотных зданий против прогрессирующего обрушения производится при помощи лицензированных программных комплексов с учетом предельных нагрузок, возникающих при ЧС, с целью обеспечения каркаса здания дополнительными конструктивными мерами, способствующими развитию в несущих конструкциях и их узлах пластических деформаций [51].

Расчет устойчивости высотных зданий производится на особое сочетание нагрузок, включающее постоянные и длительные нагрузки при возможных опасных схемах локальных разрушений, приведенных в табл.3.3.

Таблица 3.3

Виды локальных разрушений несущих конструкций остова высотных зданий в результате опасных процессов, вызванных чрезвычайными ситуациями

	Виды локальных разрушений несущих конструкций остова высотных зданий в результате опасных процессов, вызванных чрезвычайными ситуациями
Здания со стеновым остовом	Разрушение (удаление) двух пересекающихся стен одного (любого) этажа на участке от их пересечения (в частности, от угла здания) до ближайших проемов в каждой стене или до следующего пересечения с другой стеной длиной не более 10 м, что соответствует повреждению конструкций в круге площадью до 80 м <sup>2</sup> (площадь локального разрушения)
Каркасные здания	Разрушение (удаление) колонн (пилонов) с примыкающими к ним участками стен, расположенных на одном (любом) этаже на площади локального разрушения
Конструкция перекрытия	Обрушение участка перекрытия одного этажа на площади локального разрушения

Оценка устойчивости высотного здания против прогрессирующего обрушения включает проверочный расчет несущих конструкций в местах локальных разрушений по предельным состояниям первой группы с расчетными сопротивлениями материалов (бетона и арматуры), равными нормативным значениям. Величина деформаций и ширина раскрытия трещин в конструкциях не регламентируется. При расчете зданий против прогрессирующего обрушения используется пространственная расчетная модель, отражающая все схемы локальных разрушений, приведенных в табл.3.3, которая может учитывать элементы, являющиеся при обычных эксплуатационных условиях несущими, а при наличии локальных воздействий они активно участвуют в перераспределении нагрузки. Резервирование или запас прочности несущих элементов как основное средство защиты зданий от прогрессирующего обрушения предполагает комплекс инженерных мероприятий, приведенных в табл.3.4.

Таблица 3.4

Основные средства защиты высотных зданий от прогрессирующего обрушения

Наименование конструктивного элемента	Основные средства защиты высотных зданий от прогрессирующего обрушения или способы резервирования прочности несущих элементов
Каркас здания: колонны, ригели, диски перекрытий, стыки конструкций	– резервирование прочности дополнительным армированием; – обеспечение несущей способности отдельных элементов, узлов и здания; – создание неразрезности и непрерывности армирования конструкций;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– включение в совместную работу пространственной системы несущих элементов;</li> <li>– предпочтение монолитным и сборно-монолитным конструкциям перекрытий, которые должны быть надежно соединены с вертикальными несущими конструкциями здания связями</li> </ul>
Связи	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение пластических свойств связей между конструкциями;</li> <li>– обеспечение эффективности работы связей, препятствующих прогрессирующему обрушению за счет их пластичности в предельном состоянии;</li> <li>– создание условий, при которых связь не выключалась из работы и допускала без разрушения необходимые деформации даже после исчерпания несущей способности;</li> <li>– конструкции связей предусматриваются из пластичной листовой стали или арматурной стали;</li> <li>– прочность анкеровки связей должна быть больше усилий, вызывающих их текучесть;</li> <li>– связи, соединяющие перекрытия с колоннами, ригелями, диафрагмами и стенами, должны удерживать перекрытия от падения (в случае его разрушения) на нижележащий этаж;</li> <li>– связи рассчитываются на нормативный вес половины пролета перекрытия с расположенным на нем полом и другими конструктивными элементами.</li> </ul>

В соответствии с требованиями СТО-008-02495342-2009 [34], установлены отечественные правила проектирования конструкций жилых, общественных и производственных зданий, остов которых выполняется из монолитного железобетона и подлежит защите от прогрессирующего обрушения при аварийных ситуациях. При этом следует соблюдать и выполнять комплекс расчетных, конструктивно-планировочных решений, условий и мероприятий, приведенных в табл.3.5.

Таблица 3.5

Комплекс расчетных, конструктивно-планировочных решений, условий и мероприятий в условиях прогрессирующего обрушения при аварийных ситуациях

1. Объекты, разрушение которых может привести к большому социальным, экологическим и экономическим потерям и при проектировании которых должно быть обеспечено недопущение прогрессирующего обрушения:	а) Здания жилые высотой более 10 (десяти) этажей
	б) Здания общественные, классифицируемые по назначению в соответствии с [12] и [25] с пребыванием 200 чел. и более одновременно в пределах блока, ограниченного деформационными швами в т.ч.: <ul style="list-style-type: none"> <li>– учебно-вспомогательного назначения;</li> <li>– здравоохранения и социального обслуживания;</li> <li>– сервисного обслуживания (торговля, питание, бытовое и коммунальное обслуживание, связь, транспорт, санитарно-бытовое обслуживание);</li> <li>– культурно-досуговой деятельности и религиозных обрядов (физкультура и спорт, культурно-просветительские и религиозные организации, зрелищные и досугово-развлекательные организации);</li> <li>– административного и пр. назначения (органы управления РФ, субъектов РФ и местного самоуправления, офисы, архивы,</li> </ul>

	<p>научно-исследовательские, проектные и конструкторские организации, кредитно-финансовые учреждения, судебно-юридические учреждения и прокуратура, редакционно-издательские организации); – для временного пребывания (гостиницы, санатории, общежития и т.п.).</p> <p>в) Здания производственные и вспомогательные с пребыванием 200 чел. и более одновременно в пределах блока, ограниченного деформационными швами</p>
<p>2. В случае локального разрушения отдельных конструктивных элементов при аварийных ситуациях, не предусмотренных условиями нормальной эксплуатации здания, конструктивная система этого здания не должна быть подвержена прогрессирующему обрушению. В связи с этим, основными принципами и мерами обеспечения недопущения и предотвращения прогрессирующего обрушения зданий, являются:</p>	<p>а) Применение рациональных конструктивно-планировочных решений зданий с учетом вероятности возникновения аварийной ситуации.</p> <p>б) Использование конструктивных мер, увеличивающих статическую неопределимость системы.</p> <p>в) Применение конструктивных решений, обеспечивающих развитие в несущих конструктивных элементах и их соединениях пластических (неупругих) деформаций.</p> <p>г) Придание необходимой прочности несущим конструктивным элементам и устойчивости системе для условий нормальной эксплуатации здания, а также для случаев локального разрушения отдельных конструктивных элементов здания</p>
<p>3. При проектировании здания наряду с расчетами для нормальной эксплуатации должны быть:</p>	<p>а) Произведены статические расчеты измененных конструктивных систем здания с выбывшими в результате аварии конструктивными элементами (вторичных конструктивных систем) и, соответственно, измененными расчетными схемами на действие особого сочетания нагрузок. При этом расчет оснований производится только по несущей способности для условий, предусмотренных п. 2.3. [7].</p> <p>б) Установлены запасы устойчивости вторичных конструктивных систем и при их недостаточности увеличены размеры поперечного сечения элементов или изменено конструктивно-планировочное решение здания.</p> <p>в) Определены совместно с результатами расчета для условий нормальной эксплуатации требуемые класс бетона и армирование конструктивных элементов</p>

<p>4. В качестве гипотетического локального разрушения следует рассматривать разрушение в пределах одного (каждого) этажа здания поочередно одной (каждой) колонны (пилона) либо ограниченного участка стен. Условиями обеспечения недопущения прогрессирующего обрушения вторичных конструктивных систем здания являются:</p>	<p><i>а)</i> Непревышение в конструктивных элементах значений усилий (напряжений), определенных при значениях нагрузок по п. 5.1. СТО-008-02495342-2009 [34], по отношению к усилиям (напряжениям) в них, определенным при предельных значениях характеристик материалов с применением соответствующих коэффициентов надежности.</p> <p><i>б)</i> Недопущение уменьшения запаса устойчивости системы по отношению к коэффициенту надежности по устойчивости <math>\gamma_s=1,3</math>. При этом коэффициент надежности по ответственности следует принимать равным <math>\gamma_n=1,0</math>, если иное не предусмотрено в техническом задании на проектирование. Перемещения, раскрытие трещин и деформации элементов не ограничиваются</p>
<p>5. Рациональным конструктивно-планировочным решением здания с точки зрения предотвращения прогрессирующего обрушения является конструктивная система, обеспечивающая при выбывании отдельного (любого) вертикального несущего конструктивного элемента здания, превращение конструкций над выбывшим элементом в «подвешенную» систему, способную передать нагрузки на сохранившиеся вертикальные конструкции. Для создания такой конструктивной системы следует предусматривать:</p>	<p><i>а)</i> Монолитное сопряжение конструкций перекрытий с железобетонными вертикальными конструкциями (колоннами, пилястрами, наружными и внутренними стенами, ограждениями лестничных клеток, вентиляционных шахт и т.д.).</p> <p><i>б)</i> Железобетонные монолитные пояса по периметру перекрытий, объединенные с конструкциями перекрытий и выполняющие функции надоконных перемычек.</p> <p><i>в)</i> Железобетонные монолитные парапеты, объединенные с конструкциями покрытия.</p> <p><i>г)</i> Железобетонные стенки в верхних этажах здания или железобетонные балки в покрытии, объединяющие колонны (пилястры) между собой и с другими вертикальными железобетонными конструкциями (стенами, ограждениями лестничных клеток, вентиляционных шахт и др.).</p> <p><i>д)</i> Проемы в железобетонных стенах не на всю высоту этажа, оставляя, как правило, участки глухих стен над проемами</p>

<p>6. Характеристики бетона и арматуры при расчете железобетонных конструктивных элементов на недопущение прогрессирующего обрушения следует принимать:</p>	<p>а) Расчетные значения сопротивления бетона осевому сжатию равными их нормативным значениям, умноженным для конструкций, бетонируемых в вертикальном положении, на коэффициент условия работы <math>\gamma_{b3}=0,9</math>.</p> <p>б) Расчетные значения сопротивления бетона осевому растяжению, используемые при расчете на действие поперечных сил и на местное действие нагрузок, равными их нормативным значениям, делением на коэффициент надежности по бетону <math>\gamma_n=1,15</math>.</p> <p>в) Расчетные значения сопротивления продольной арматуры конструкций растяжению равными их нормативным значениям.</p> <p>г) Расчетные значения сопротивления продольной арматуры конструкций сжатию, равными нормативным значениям сопротивления растяжению, за исключением арматуры класса А500, для которой <math>R_s=469</math> МПа (<math>4700</math> кгс/см<sup>2</sup>), и арматура класса В500, для которой <math>R_s=430</math> МПа (<math>4400</math> кгс/см<sup>2</sup>).</p> <p>д) Расчетные значения сопротивления поперечной арматуры конструкций на растяжение, равными их нормативным значениям, умноженным на коэффициент условия работы <math>\gamma_{s1}=0,8</math>.</p> <p>е) Нормативные значения сопротивлений бетона и арматуры, а также значения модуля упругости арматуры <math>E_s</math> и начального модуля упругости бетона <math>E_b</math> по СП 52-101-2003 [32]</p>
<p>7. Расчет вторичных конструктивных систем здания на недопущение прогрессирующего обрушения производится отдельно для каждого (одного) локального разрушения. Допускается производить расчет только наиболее опасных случаев разрушения, которыми могут быть схемы с разрушением поочередно вертикальных несущих конструктивных элементов:</p>	<p>а) Имеющих наибольшую грузовую площадь.</p> <p>б) Расположенных у края перекрытия.</p> <p>в) Расположенных в углу, и распространять результаты этих расчетов на другие участки конструктивной системы.</p> <p>г) В качестве исходной принимается расчетная схема, принятая при расчете первичной конструктивной системы здания для условий нормальной эксплуатации, и превращать ее во вторичную систему путем исключения поочередно вертикальных несущих конструктивных элементов для наиболее опасных случаев разрушения. При этом рекомендуется включать в работу конструктивные элементы, обычно не учитываемые при расчете первичной системы.</p> <p>д) Вертикальные конструкции системы считаются жестко заземленными на уровне верха (обреза) фундаментов.</p> <p>е) Статический расчет вторичной системы производится как упругая система с использованием сертифицированных программных комплексов (SCAD, Лира, STARK-ES, Микро FE и др.) с учетом геометрической и физической нелинейности. Допускается производить расчет с учетом только геометрической нелинейности.</p> <p>к) По результатам расчета первичной и вторичных конструктивных систем определяются усилия (напряжения) в конструктивных элементах, назначаются результирующие класс бетона и армирование элементов и узлов их сопряжений и устанавливается запас устойчивости каркаса, а при его недостаточности увеличиваются размеры сечений элементов или изменяется конструктивное решение</p>

<p>8.Конструирование элементов и их сопряжений производится в соответствии с Пособием[28] и СП 52-103-2007 [33]:</p>	<p>а) Класс бетона и армирование конструктивных элементов назначаются наибольшими из сопоставления результатов расчетов для условий нормальной эксплуатации здания и на недопущение прогрессирующего обрушения.</p> <p>б) При армировании конструктивных элементов следует обратить особое внимание на надежность анкеровки арматуры, особенно в местах пересечений конструктивных элементов. Длины анкеровки и перехлеста арматурных стержней должны быть увеличены на 20% по отношению к требуемым [28].</p> <p>в) Продольная арматура конструктивных элементов должна быть непрерывной. Площадь сечения продольной арматуры (отдельно нижней и отдельно верхней) плит безбалочных перекрытий и балок балочных перекрытий должна составлять не менее <math>\mu_{s,min}=0,2\%</math> площади сечения элемента.</p> <p>г) Продольное армирование вертикальных несущих конструктивных элементов должно воспринимать усилие растяжения не менее 10 кН (1тс) на каждый метр грузовой площади этого конструктивного элемента</p>
--	--

В качестве наглядного примера результатов пространственного расчета каркаса 14-этажного здания, запроектированного из монолитного железобетона, на предотвращение прогрессирующего обрушения, на рис. 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, соответственно, приведены: исходные данные со схемами к расчету железобетонного каркаса (3.16, 3.17, 3.18); пространственная расчетная схема каркасного здания с центральным лестнично-лифтовым ядром жесткости (3.19); распечатки результатов расчета, произведенного при помощи программного комплекса SCAD Office 11.3, по армированию перекрытия на отм. +4,500 м при первичной конструктивной системе на эксплуатационную расчетную нагрузку (рис. 3.20) и при удалении на отметке 0,000 колонны К14 (рис. 3.21). На рис. 3.21 приведен фрагмент плана этажа после прогрессирующее обрушение высотного здания. Конструктивные мероприятия по предотвращению прогрессирующего обрушения при помощи дополнительного армирования узлов вертикальных и горизонтальных элементов остова зданий, приведены на рис. 3.23 [34].

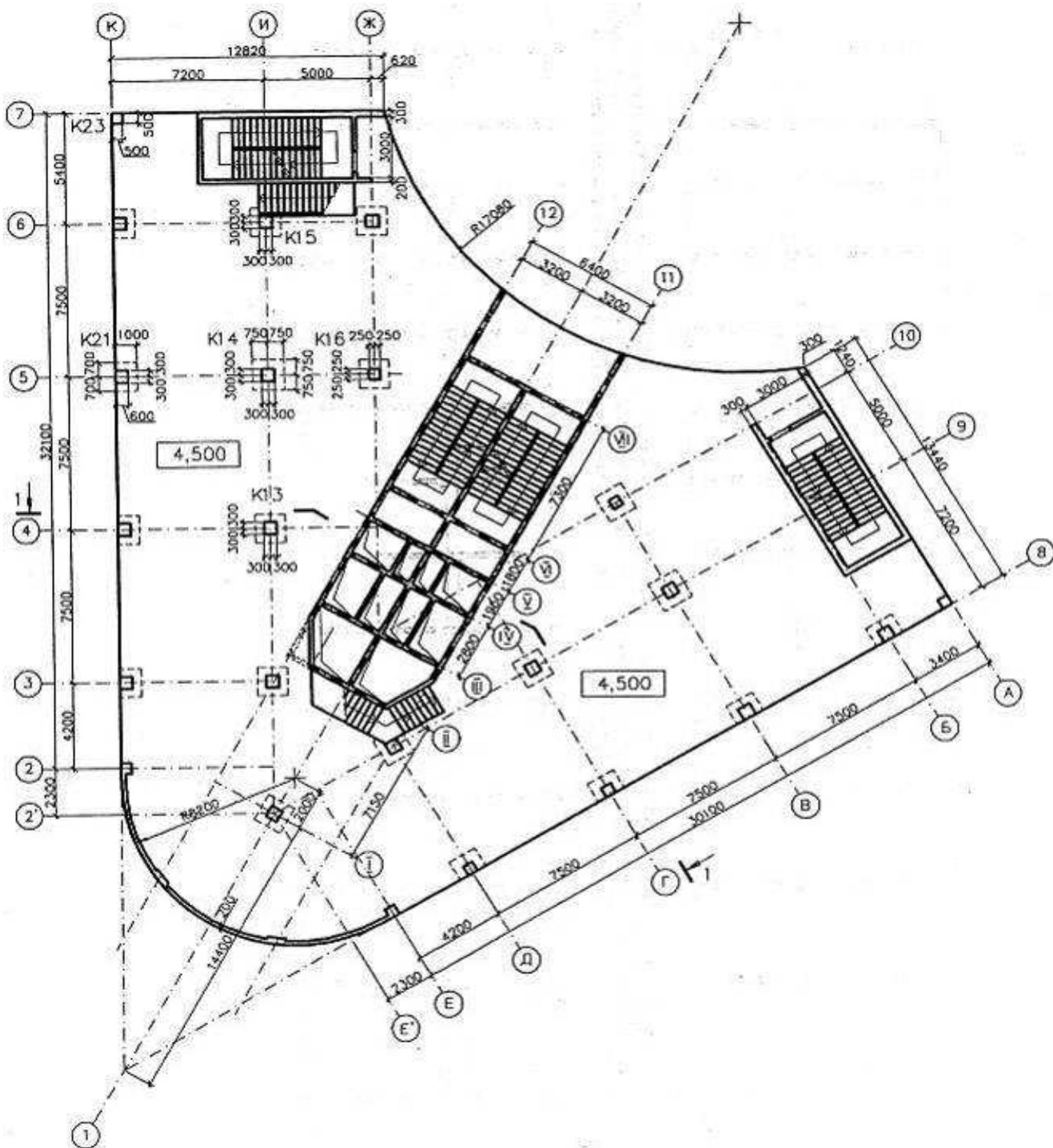


Рис. 3.16. Схема плана второго этажа на отметке +4,50 м к расчету железобетонного каркаса 14-этажного каркасно-ядрового здания на предотвращение прогрессирующего обрушения

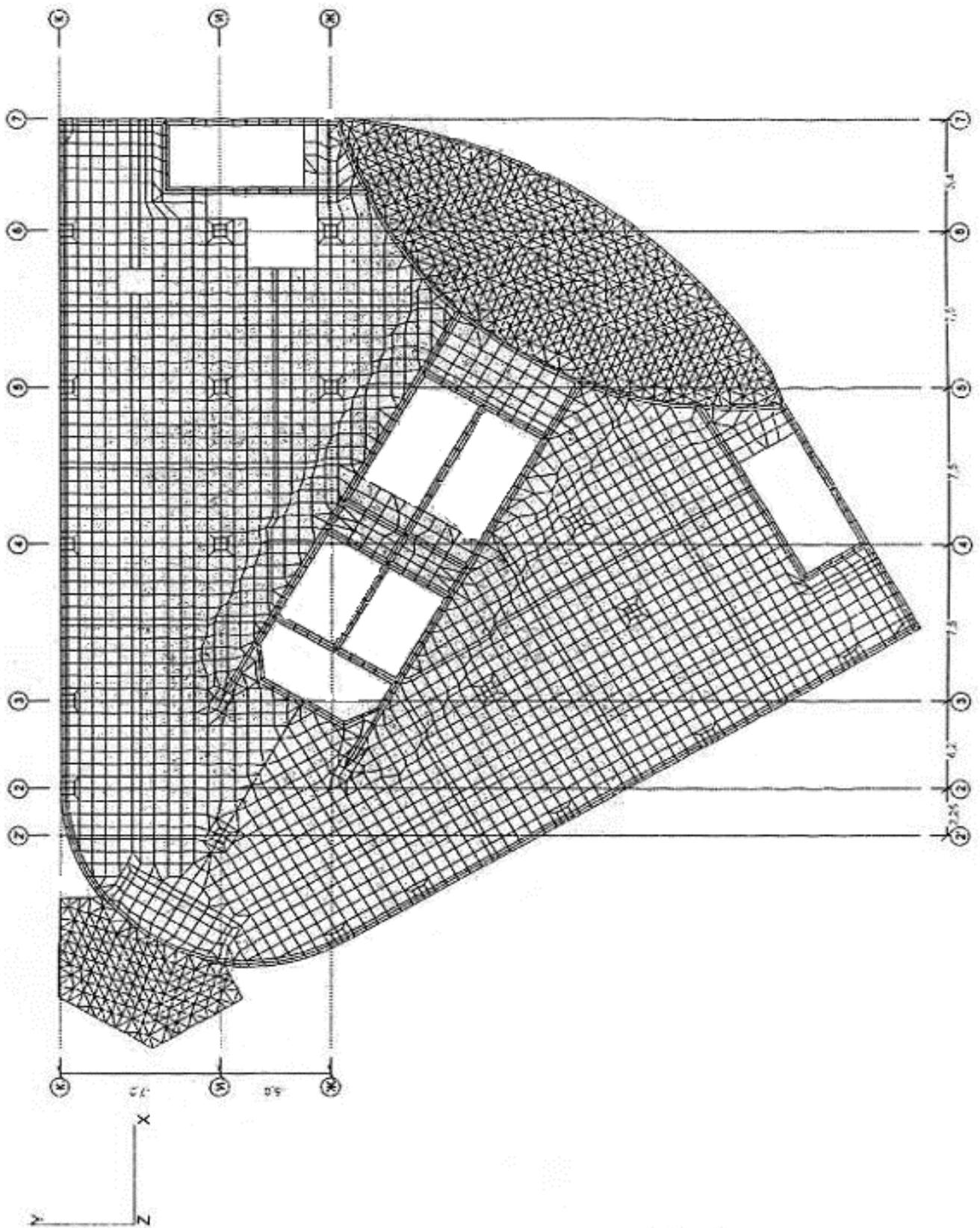


Рис. 3.17. Расчетная схема с разбиением на конечные элементы плана второго этажа на отметке +4,500 м к расчету железобетонного каркаса 14-этажного каркасного здания на предотвращение прогрессирующего обрушения

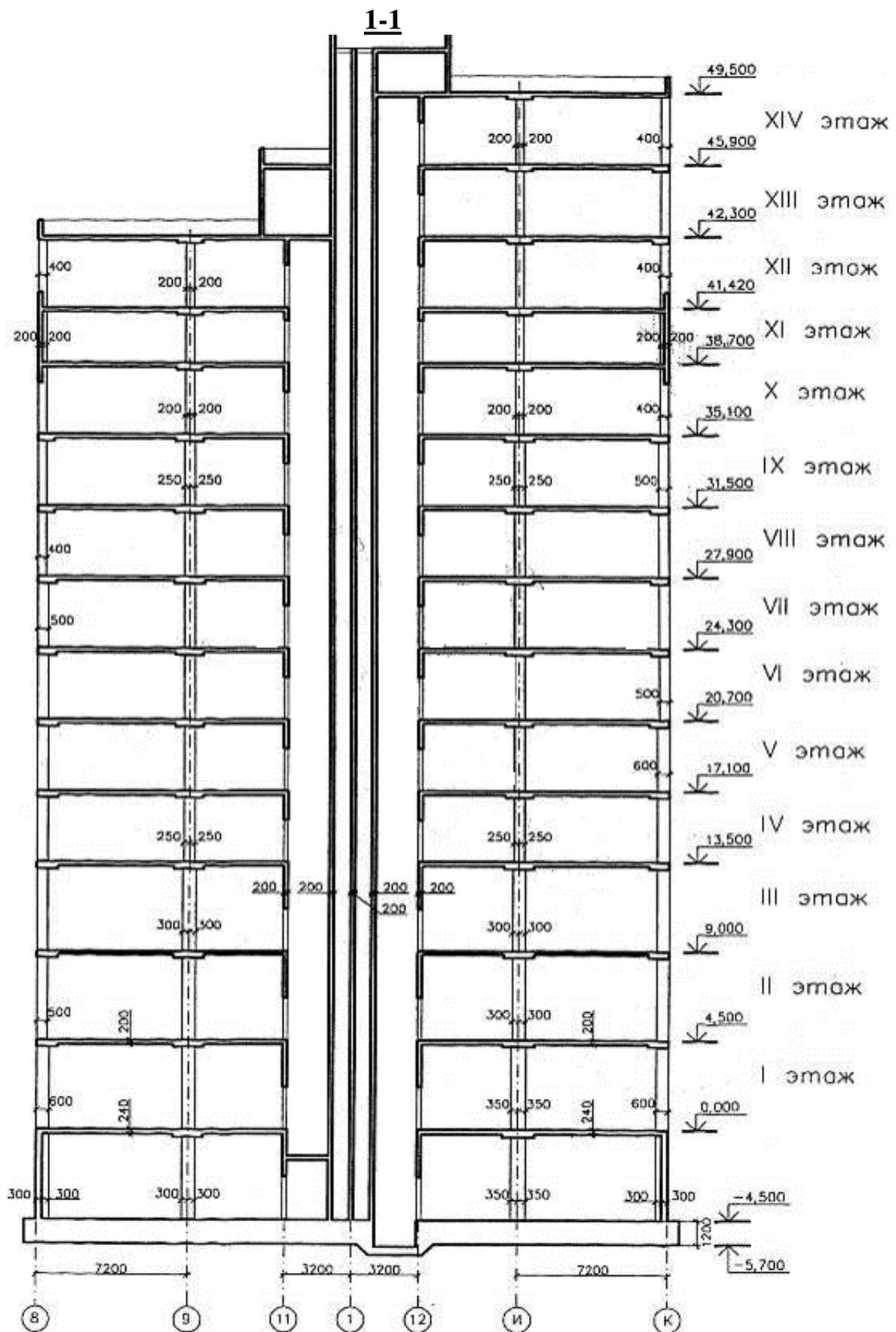


Рис. 3.18. Поперечный разрез 1-1 по 14-этажному каркасному зданию к схеме расчета на предотвращение прогрессирующего обрушения

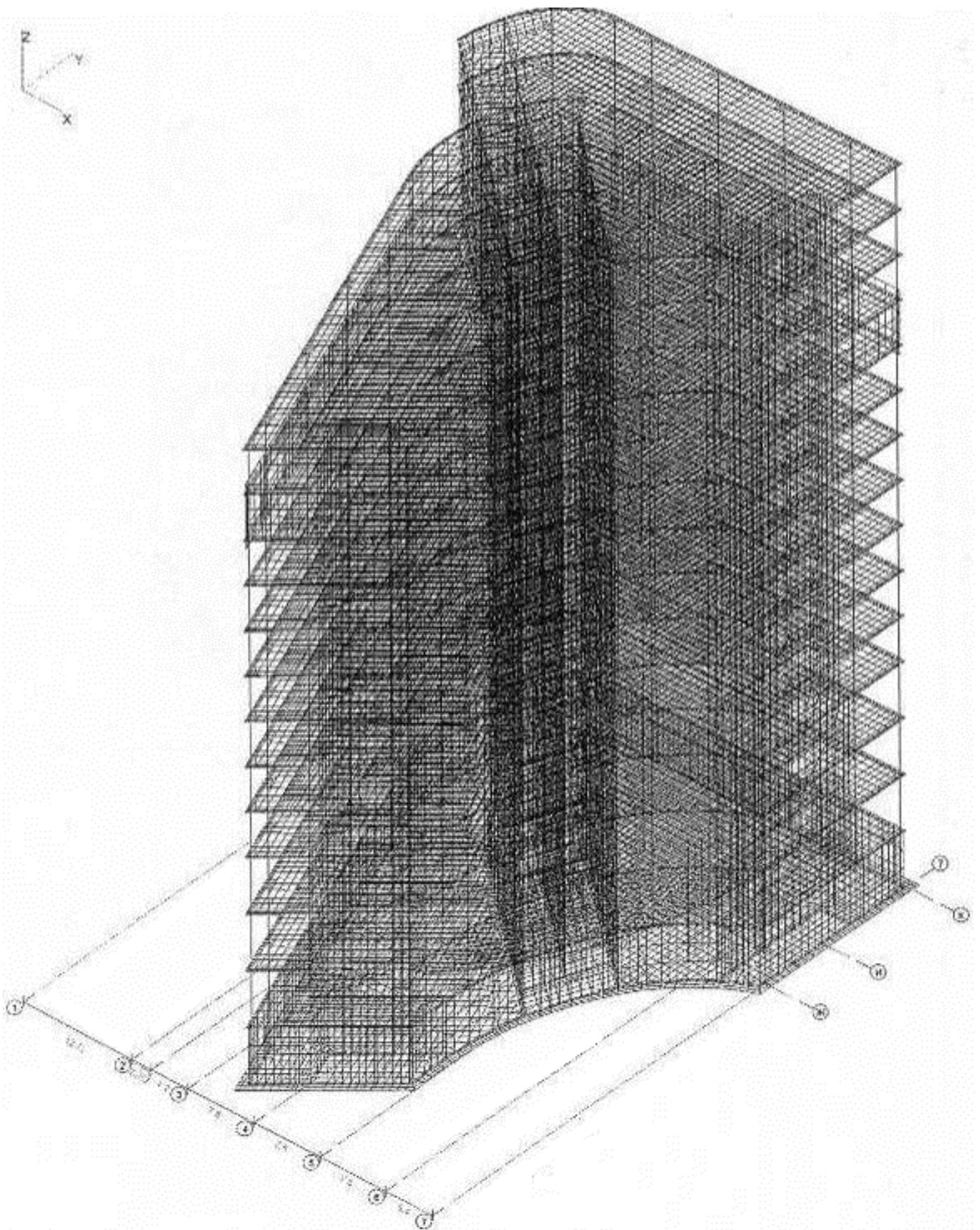
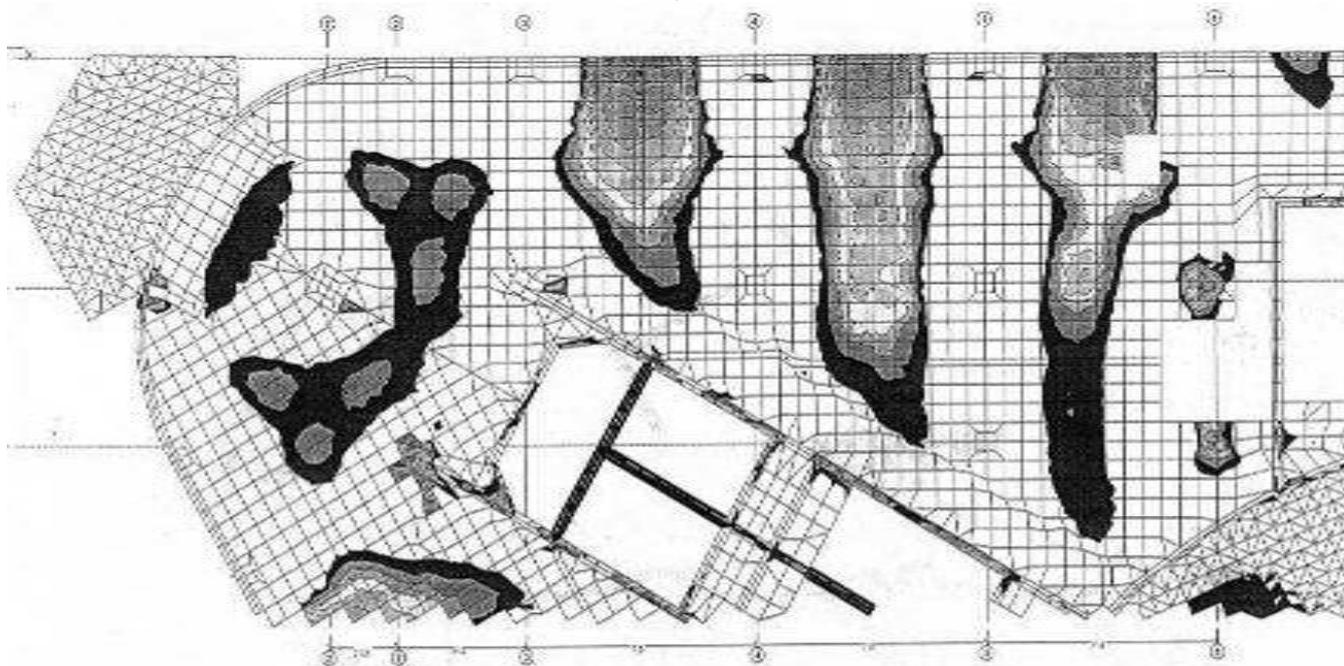


Рис.3.19. Схема трехмерной пространственной расчетной модели каркасного здания с центральным лестнично-лифтовым ядром жесткости и двумя боковыми ядрами жесткости с лестницами для 14-этажного здания к расчету на предотвращение прогрессирующего обрушения

*a)*



*б)*

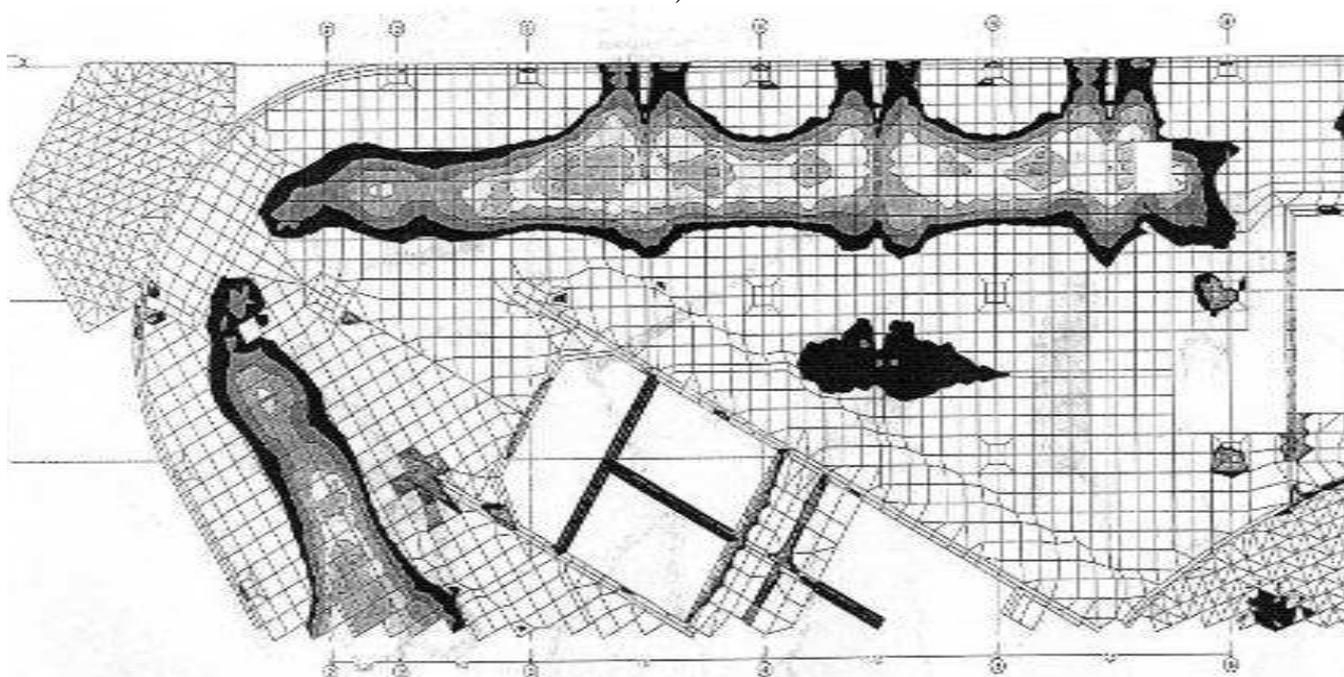


Рис.3.20. Распечатка результатов расчета, произведенного численными методами при помощи программного комплекса SCAD Office 11.3 по армированию перекрытия на отметке +4,500 м, при первичной конструктивной системе на эксплуатационную расчетную нагрузку  $1,07 \text{ тс/м}^2$ ; *a* – нижняя арматура вдоль буквенных осей; *б* – нижняя арматура вдоль цифровых осей

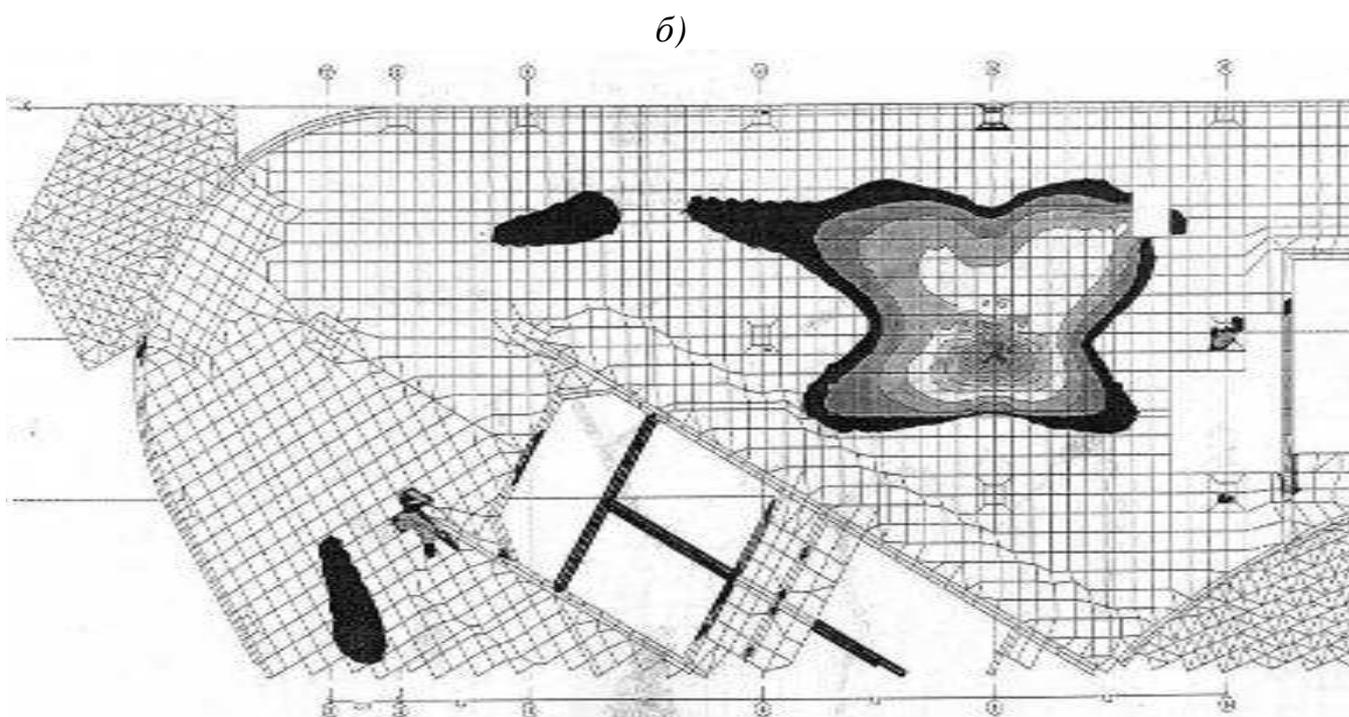
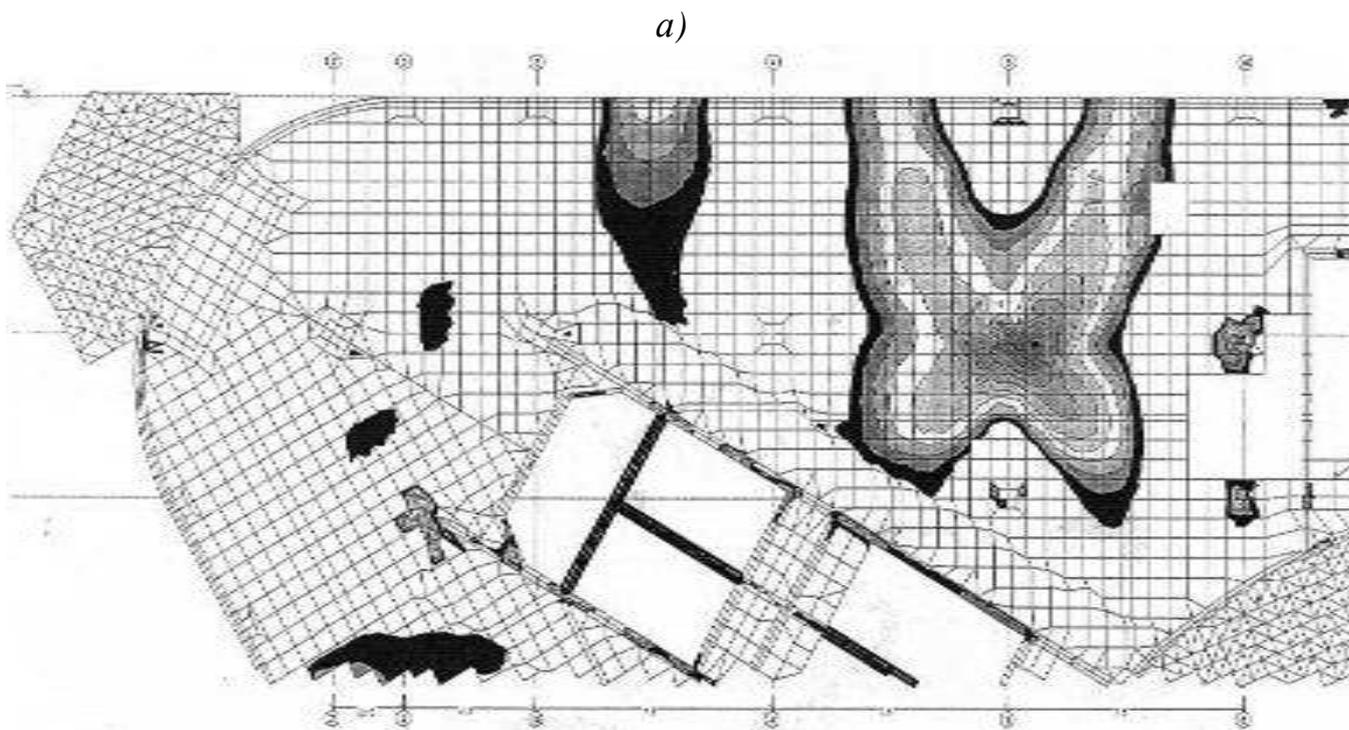
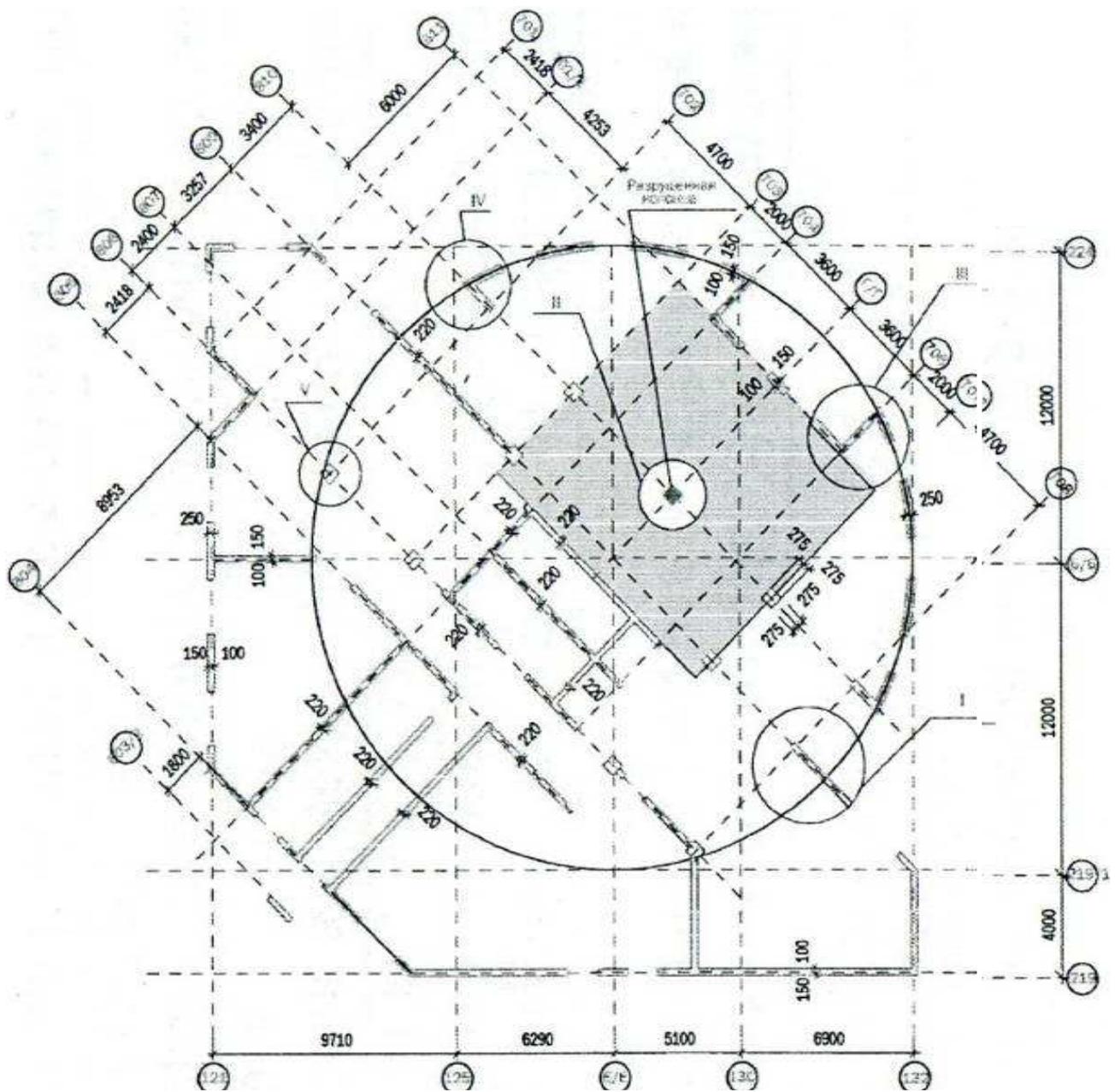


Рис.3.21. Распечатка результатов расчета, произведенного численными методами при помощи программного комплекса SCAD Office 11.3 по армированию перекрытия на отметке +4,500 м, при удалении на отметке 0,000 колонны К14 (на пересечении координационных осей «5/И») на нагрузку 1,07 тс/м<sup>2</sup>; а – нижняя арматура вдоль буквенных осей; б–нижняя арматура вдоль цифровых осей



*Условные обозначения к схеме:*

-  – Разрушение колонны сечением 550x550мм;
-  – Площадь локального разрушения  $A=120 \text{ м}^2$

Рис.3.22. Схема фрагмента кладочного плана этажа к расчету на прогрессирующее обрушение высотного здания

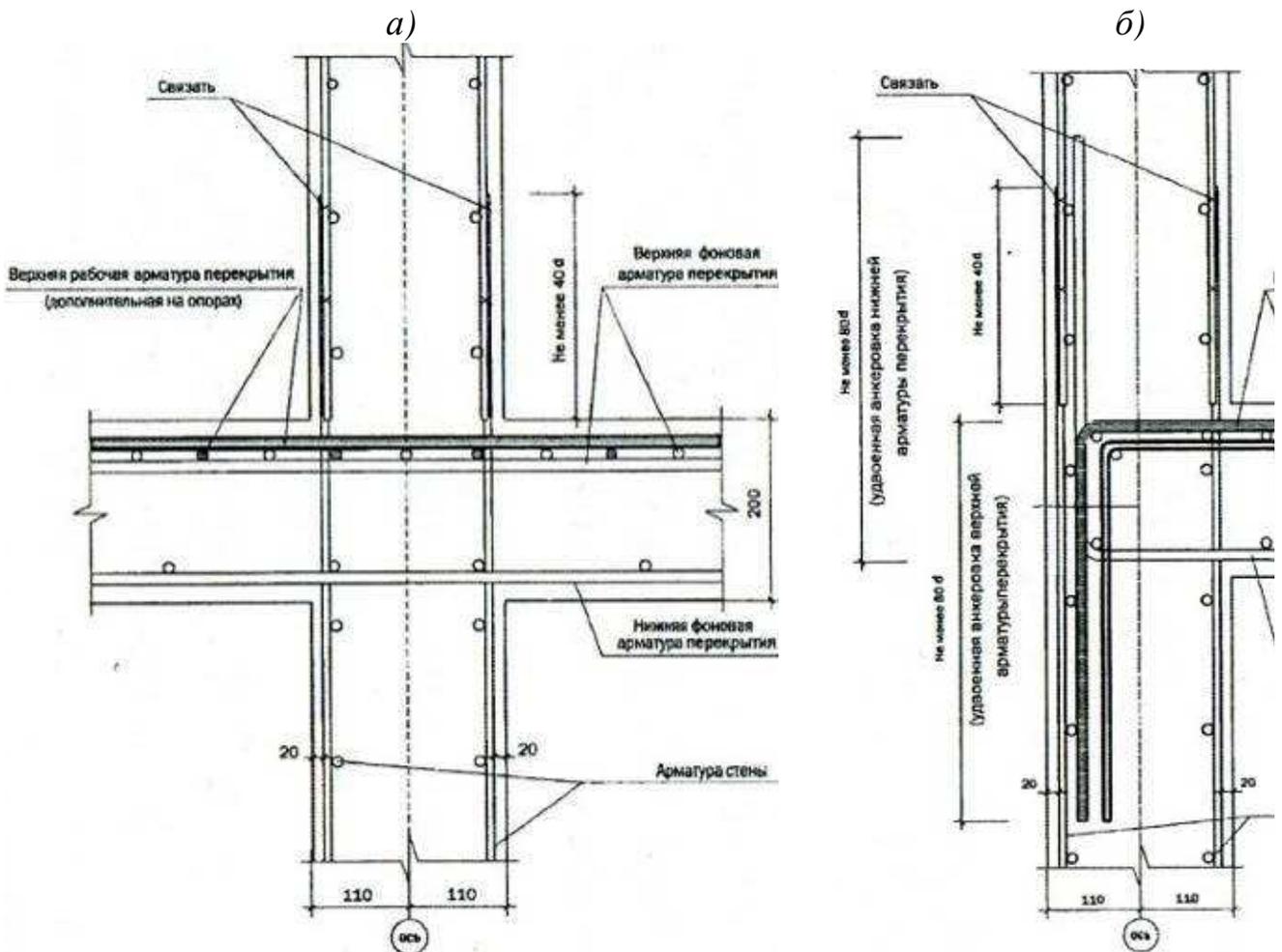


Рис.3.23. Конструктивные мероприятия по дополнительному армированию жестких узлов примыкания вертикальных стен и горизонтальных плит перекрытий, выполненных из монолитного железобетона; *а* – средней стены; *б* – крайней стены

### 3.4. СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Повышение жесткости отдельных конструктивных элементов каркаса, и здания в целом, выполненного из железобетона, достигается при помощи применения сталежелезобетонных или комбинированных конструкций. Отличительной особенностью сталежелезобетонных конструкций от обычных железобетонных конструкций является то, что в качестве армирования сталежелезобетонных конструктивных элементов (колонн, пилонов, стен, диафрагм, балок), кроме стержневой арматуры, используется жесткая арматура из стальных прокатных или сварных профилей и других элементов. Марки стали для профилей жесткого армирования принимаются по требованиям [3]. Рекомендуемые марки стали из фасонного и сортового проката для применяемой в высотном строительстве жесткой арматуры при расчетной температуре наружного воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$  приведены в табл.3.6.

Заменяемые и рекомендуемые марки стали из фасонного и сортового проката для жесткой арматуры при расчетной температуре наружного воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$

Область применения	Заменяемые марки стали по ГОСТ 19281-89*	Рекомендуемые марки стали по ГОСТ 27772-88*
Жесткая арматура, ее элементы в сталежелезобетонных конструкциях	09Г2 09Г2С 10ХНДП 10Г2С1 10ХСНД 14Г2 15ХСНД	С345  С345К  С357

При применении стальных элементов в качестве жесткой арматуры, во всех случаях в сталежелезобетонных конструкциях устанавливается гибкая продольная и поперечная арматура.

Для сталежелезобетонных конструкций, включая колонны, стены, ядра жесткости и перекрытия, расчет стальных элементов (жесткой арматуры) выполняется на стадии возведения до набора требуемой проектной прочности бетона по правилам расчета стальных конструкций, а на стадии эксплуатации расчет производится по правилам расчета железобетонных конструкций с учетом совместной работы стальных элементов с монолитным бетоном в соответствии с «Руководством по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой» [52].

При использовании в колоннах каркаса высотных зданий стальных элементов в виде труб с полостью, заполненной бетоном, называемых трубобетоном, учитывается так называемый «эффект объемного напряженного состояния бетона».

### 3.4.1. Железобетонные конструкции колонн каркаса и стен с жесткой арматурой

В практике возведения высотных зданий часто применяемые типы конструкций сталежелезобетонных колонн с жесткой арматурой приведены на рис.3.24. Исследованиями установлено, что из приведенных на рис.3.24 типов жесткого армирования только жесткое армирование при помощи решетчатого сварного типа (*д*) обладает небольшим сопротивлением на действие поперечной силы. Поэтому в современных условиях применяется жесткое армирование колонн по типам (*а*)–(*з*).

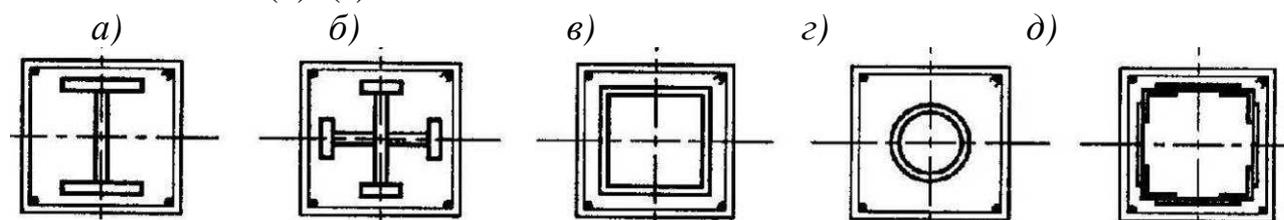


Рис.3.24. Типы поперечных сечений сталежелезобетонных колонн с жесткой арматурой из различных стальных профилей

При проектировании железобетонных конструктивных элементов толщина защитного слоя бетона в соответствии с требованиями надежной защиты рабочей и вспомогательной арматуры от коррозии и огнезащиты назначается и принимается равной, соответственно: для гибкой стальной арматуры не менее диаметра арматуры и не менее 25 мм; для жесткой арматуры, расположенной внутри поперечного сечения конструкции, не менее 50 мм с обязательным армированием защитного слоя стальной сеткой. Если проектом предусматривается размещение или установка стальных элементов жесткого армирования на внешней поверхности конструктивного элемента, то выполняются инженерные мероприятия по их защите от коррозии и огнезащите, например, вся открытая боковая поверхность стального профиля защищается негорючими теплоизолирующими материалами (минеральная вата, стекловата) с последующим оштукатуриванием защищенной поверхности цементно-песчаным раствором расчетной толщиной 20 мм по стальной сетке системы «Рабица».

В качестве облицовочного слоя применяется обшивка или облицовка боковой поверхности негорючими материалами, например: два слоя гипсокартонных листов (ГКЛ, ГКЛВ), природные или искусственные облицовочные каменные материалы толщиной не менее 20 мм (гранит, мрамор, керамогранит) на цементно-песчаном растворе, без воздушного зазора с креплением облицовки на кронштейны. Конструкции железобетонных колонн высотных зданий с жестким армированием в сравнении с обычными железобетонными колоннами имеют следующие достоинства.

1) Относительно меньший размер поперечного сечения, малый собственный вес, увеличение используемого пространства. В колоннах, выполненных из железобетона с жестким армированием, несущая способность значительно повышается, и особенно возрастает сопротивляемость конструкций колонн на действие поперечной силы. Это позволяет значительно уменьшить геометрические размеры поперечного сечения несущих элементов и повысить прочностные свойства конструкций, включая повышение сейсмостойких свойств высотных зданий.

2) Более высокая пластичность и лучшие свойства сейсмостойкости конструкций колонн с жесткой арматурой.

3) Высокая технологичность и скорость возведения конструкций каркаса из железобетона с жесткой арматурой, даже по отношению к колоннам, выполненным из стальных профилей.

Следует отметить ряд достоинств конструкций железобетонных колонн с жесткой арматурой в сравнении с колоннами, выполненными из стальных конструкций, которые включают следующие.

1. Бетон железобетонной колонны с жесткой арматурой (рис.3.16), расположенный в пределах внешнего контура поперечного сечения (защитный слой бетона или «внешний бетон») исключает или предупреждает изгиб стального профиля, повышает жесткость элементов и обеспечивает экономию стержневой арматурной стали.

2. При относительно повышенной жесткости имеют быстрое затухание колебаний (от воздействия ветровых, сейсмических и других нагрузок), а также более эффективны с точки зрения снижения и ограничения деформаций конструкций.

3. «Внешний бетон» в составе поперечного сечения сталежелезобетонных конструкций с жестким армированием способствует повышению долговечности и что особенно важно – надежному повышению огнестойкости несущих конструкций в условиях повышенных требований по огнезащите конструкций высотных зданий.

В практике высотного строительства нашли применение конструкции скрытых стальных колонн из прокатных и сварных профилей, размещаемых в составе поперечного сечения стен, диафрагм и ядер жесткости (рис.3.25). Рациональное расположение жесткой арматуры в местах пересечений стен, в составе ядра жесткости, позволяет обеспечить минимальную податливость.

Одним из актуальных вопросов при проектировании железобетонных конструкций с жесткой арматурой является обеспечение эффективного включения в совместную работу стальных профилей жесткого армирования с окружающим бетоном поперечного сечения конструкции. В отечественной и зарубежной практике совместная работа в сталежелезобетонных конструкциях из монолитного бетона обеспечивается за счет приварки анкеров и упоров к стальным профилям жесткого армирования.

Совместная работа конструктивных элементов из сборного железобетона с конструкциями из монолитного железобетона в сборно-монолитных конструкциях осуществляется путем устройства специальных шпонок; создания рифленой поверхности сорного элемента; выпусков поперечной арматуры-анкеров из сборных конструктивных элементов для заделки в монолитные элементы.

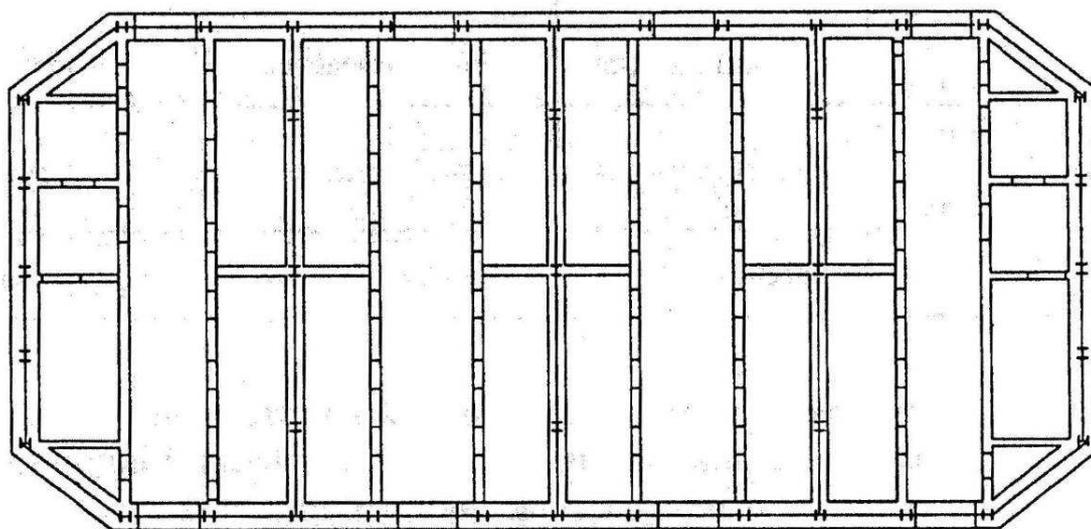


Рис.3.25. План расположения элементов жесткого армирования из стальных профилей в стенах ствола ядра жесткости, выполненного из монолитного железобетона

### **3.4.2. Конструкции комбинированных колонн со стальными обоймами**

С целью снижения сроков возведения каркаса высотных зданий, трудоемкости и стоимости возведения конструкций колонн, полного исключения работ по устройству опалубки колонн, повышения уровня технологии возведения конструкций колонн, в современном высотном строительстве часто применяются конструкции комбинированных колонн со стальными обоймами. Отличительной особенностью конструкций комбинированных колонн со стальными обоймами является то, что такие колонны конструируются из стальных круглых или квадратных труб, расчетных геометрических размеров, в полость которых после их установки в проектное положение укладывается свежеприготовленная бетонная смесь проектного класса бетона, не ниже В25 с тщательным вибрированием. При необходимости, перед монтажом стальных обойм производится расчетное армирование ствола колонн стержневой арматурной сталью. В практике строительства стальные обоймы называют оставляемой оснасткой, так как они не подлежат демонтажу после схватывания и набора прочности бетона, а остаются в составе конструкции комбинированной сталежелезобетонной колонны с включением в совместную работу с арматурным каркасом из стержневой арматуры и бетона. Бетонирование высоких колонн со стальными обоймами осуществляется по технологии «снизу-вверх» при помощи подачи пластичной бетонной смеси бетононасосами через патрубок, размещаемый в нижней части стальной обоймы. Такая технология укладки бетона позволяет исключить возможность образования воздушных пустот в теле бетона. Для обеспечения требуемой огнестойкости стальной конструкции обоймы как несущего конструктивного элемента колонны боковая поверхность таких колонн защищается огнестойкими материалами при помощи оштукатуривания цементно-песчаным раствором толщиной 25-50 мм по стальной сетке «Рабица» или облицовки каменными плитками на строительном клее. Отличительной сущностью работы конструкций комбинированных колонн со стальными обоймами по отношению к обычным железобетонным колоннам является то, что когда в сжатом от приложенной нагрузки бетоне колонны образуются микротрещины, возникают продольные деформации сжатия, которые передаются на стальные обоймы. Конструкции стальных труб (обойм), в свою очередь воспринимают эти усилия и деформации и ограничивают продольные деформации бетона. Бетон в таких колоннах находится в трехосном сжатом состоянии и его прочность значительно повышается. Наличие бетонного ядра в замкнутой полости колонны способствует ограничению локального изгиба внешних обойм, что позволяет полностью использовать прочностные свойства стали обойм.

Установлено, что при всех прочих равных условиях суммарная несущая способность отдельно взятых стальных труб и бетона значительно ниже, чем фактическая несущая способность конструкции комбинированных колонн со стальными обоймами. К числу достоинств конструкций комбинированных колонн

со стальными обоями в сравнении с обычными железобетонными колоннами, относятся следующие.

1. Конструкции стальных обоек колонн хорошо сопротивляются действию горизонтальных напряжений, передаваемых бетоном, а при укладке бетонной смеси в полость оболочки значительно уменьшается количество технологических процессов и стоимость работ.

2. Конструкции стальных обоек, выполняемых из круглых или квадратных труб, сами являются рабочей арматурой и выполняют функцию продольной и поперечной арматуры. Кроме того, производство стальных труб в заводских условиях более технологично, чем у стальных плоских и пространственных каркасов из арматурной стали и более пригодно для заливки бетона.

3. Стальные трубы обоек сами работают как каркас и скорость их возведения такая же, как и у стальных конструкций, но по сравнению со стальными колоннами с открытыми профилями, конструкции колонн со стальными обоями обладают высокой огнестойкостью и жесткостью.

Конструкции комбинированных колонн со стальными обоями, выполненными из круглых стальных труб, в сравнении с комбинированными колоннами с прямоугольными обоями признаны более рациональными по их несущей способности; самыми экономичными конструкциями, обладающими большей архитектурной выразительностью.

### 3.4.3. Железобетонные балки каркаса с жесткой арматурой

Стальные профили конструкции железобетонных балок с жесткой арматурой устанавливают, монтируют и соединяют со стальными профилями сталежелезобетонных колонн, пилонов или стен-диафрагм. Наиболее распространенный вариант конструкции железобетонных балок с жесткой арматурой из стального прокатного или сварного двутавра в поперечном сечении, приведен на рис.3.26.

Как и для железобетонных колонн с жесткой арматурой, достоинством железобетонных балок с жесткой арматурой является то, что их прочность значительно выше прочности обычных железобетонных балок.

По периметру поперечного сечения жесткостного элемента стальной балки размещен бетон, что является надежной огнезащитой, но вместе с тем это вызывает необходимость контролировать ширину раскрытия трещин в растянутой зоне бетонного слоя. Ширина раскрытия трещин в растянутой зоне бетона таких балок с большими пролетами является главным ограничивающим фактором при их применении.

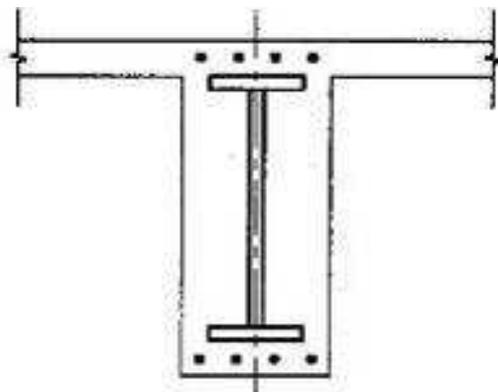


Рис. 3.26. Поперечное сечение железобетонной балки с жесткой арматурой из стальных профилей

### 3.4.4. Железобетонные стены-диафрагмы с жесткой арматурой

Элементы жесткости высотных зданий в виде стен-диафрагм выполняются с жестким армированием из стальных профилей, размещаемых, как правило, в концевых участках поперечного сечения (рис.3.27).

Такое расположение стальных профилей позволяет решать вопросы повышения прочности и расчетной предельной деформативности скрытых колонн каркаса здания. Достаточно широкому применению конструкций стен-диафрагм с краевым расположением жесткого армирования в смешанных конструктивных системах способствовало условие удобного и надежного конструктивного соединения между стальными балками и стенами-диафрагмами.

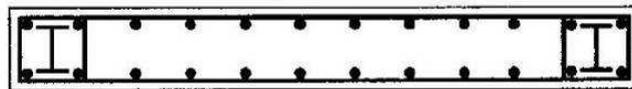


Рис. 3.27. Поперечное сечение железобетонной стены-диафрагмы или пилона с жесткой арматурой из стальных профилей

### 3.5. УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При проектировании комбинированных конструкций каркасного остова высотных зданий из сталежелезобетонных элементов приходится решать комплекс инженерно-технических, архитектурно-дизайнерских и технологических задач. Наиболее сложной из них является задача обеспечения жесткого узлового соединения между конструкциями стальных профилей жесткого армирования вертикальных и горизонтальных элементов каркаса. Так, при соединении железобетонной колонны с жесткой арматурой и железобетонной балки с жесткой арматурой, обычной железобетонной балки или стальной балки, предпочтительнее всего использовать, так называемое «крестообразное соединение». Такой тип соединения позволяет обеспечить:

- условия соединения стальных конструкций в соответствии с требованиями, изложенными в [3];
- жесткое конструктивное соединение стальных элементов жесткого армирования из стальных прокатных или сварных профилей;
- условия необходимости сквозного и непрерывного пересечения продольной стержневой арматуры через узел соединения элементов каркаса;
- условия анкеровки стержневой арматуры в бетоне сталежелезобетонных конструкций колонн, балок, плит, стен, диафрагм.

Наиболее распространенные решения узловых соединений сталежелезобетонных конструкций с жесткой арматурой, при возведении каркасного остова высотных зданий приведены на рис.3.28–3.31.

В высотном строительстве практикуется применение каркаса из сталежелезобетонных колонн с внешними стальными обоймами и стальными балками из профилей (рис.3.25). Узлы сопряжения таких элементов проверяются расчетом на действие поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$ .

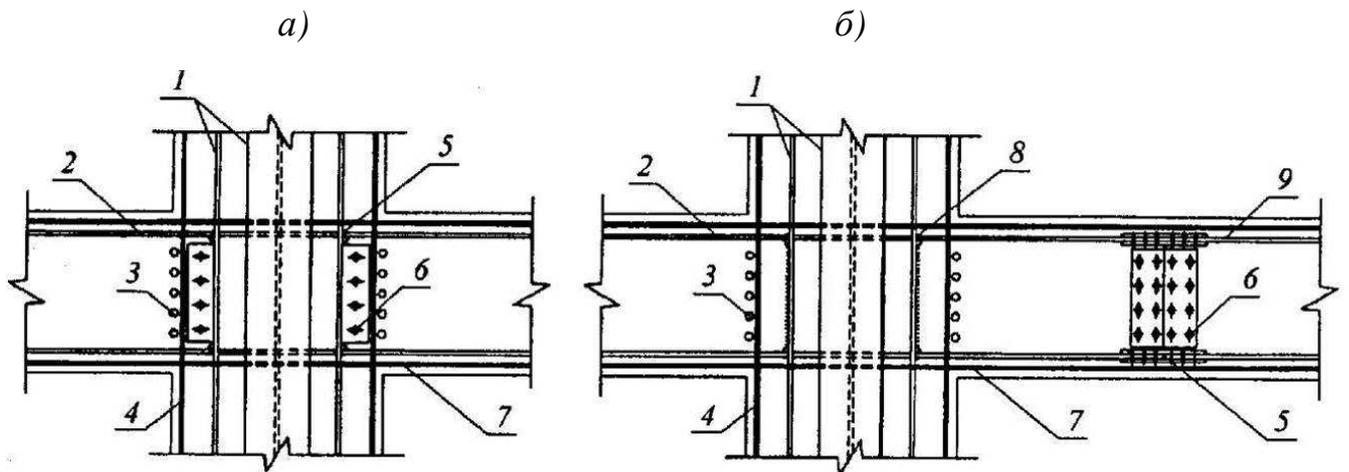


Рис. 3.28. Монтажные узлы соединения стальных профилей элементов жесткого армирования сталежелезобетонных конструкций колонн и балок для каркаса высотных зданий: *а* – сварное соединение профилей в условиях строительной площадки; *б* – болтовое соединение профилей в условиях строительной площадки; 1 – стальной профиль в конструкции колонны; 2 – стальной профиль в конструкции балки; 3 – сквозные отверстия; 4 – рабочая арматура из стержневой арматуры в колонне; 5 – монтажный электросварной шов; 6 – высокопрочные болты; 7 – рабочая арматура из стержневой арматуры в балке; 8 – электросварной шов, выполненный на заводе-изготовителе; 9 – фрагмент пролетной части жесткой арматуры из прокатного профиля

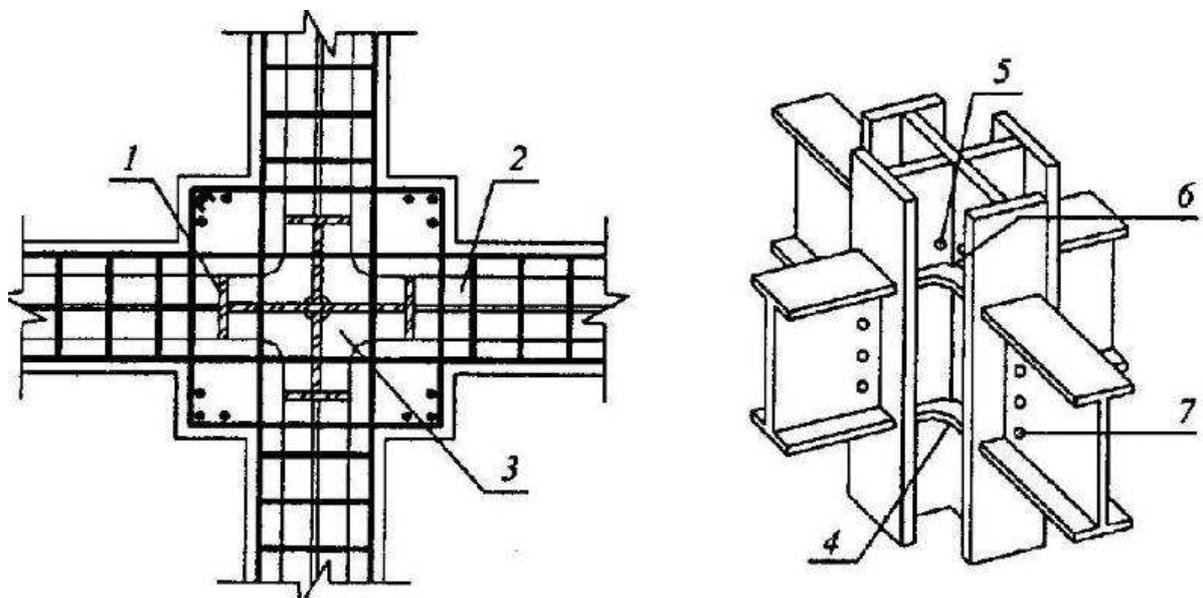


Рис. 3.29. Монтажный узел соединения железобетонной колонны с обычным армированием и балки с жесткой арматурой для каркаса высотного здания: 1 – стальной профиль в конструкции колонны; 2 – стальной профиль в конструкции балки; 3 – бетонное ядро; 4 – горизонтальное нижнее ребро с отверстиями для выхода воздуха при бетонировании; 5 – отверстие в профиле колонны; 6 – горизонтальное верхнее ребро с отверстиями для выхода воздуха; 7 – монтажные отверстия в конструкции балки

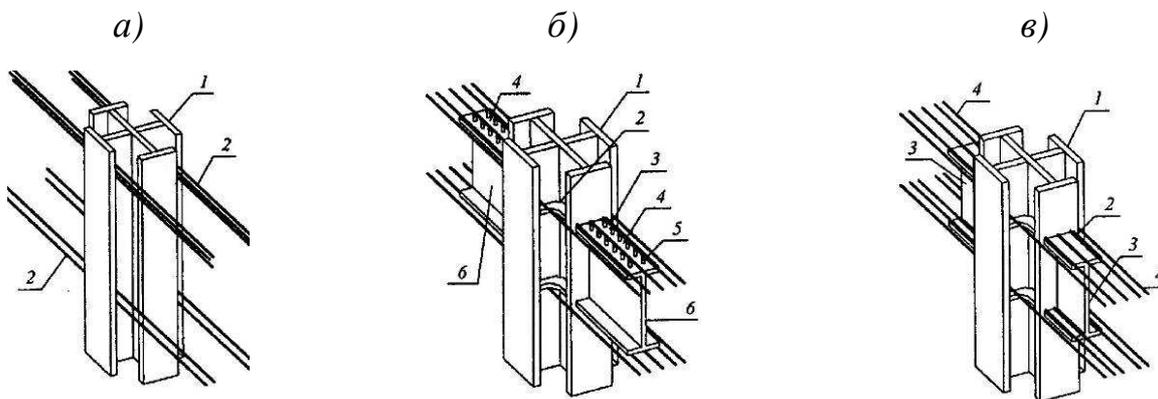
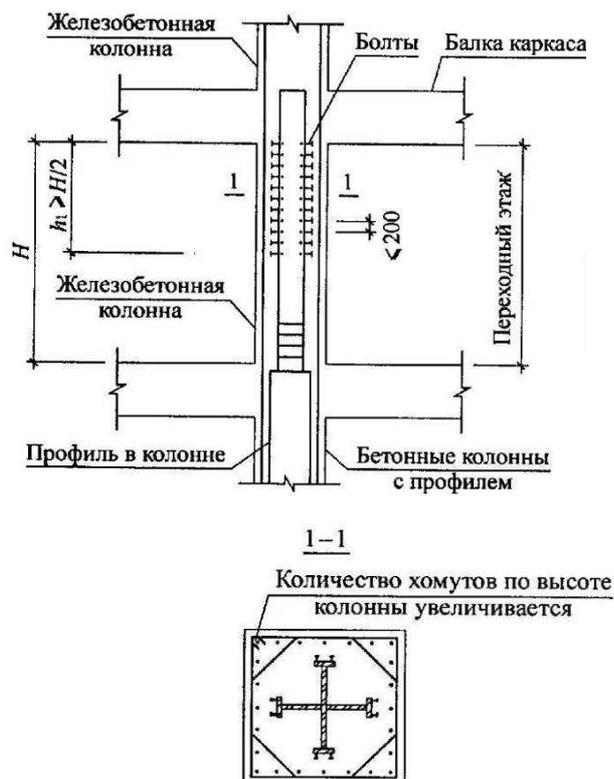


Рис.3.30. Аксонометрические схемы узлов соединения между железобетонной колонной с жесткой арматурой и железобетонной балкой с обычным армированием стержневой арматурой: *а* – способом, когда продольная рабочая арматура балки пересекает узел насквозь через отверстия в стенке профиля колонны: 1 – стальной профиль жесткого армирования колонны; 2 – продольная рабочая арматура балки, пересекающая узел насквозь через отверстия в стенке профиля колонны; *б* – способом, когда соединение продольной рабочей арматуры железобетонной балки и коротких стальных балок-вставок выполняется внахлестку при помощи болтовых соединений: 1 – стальной профиль жесткого армирования колонны; 2 – отверстие для выхода воздуха при бетонировании; 3 – часть продольной рабочей стержневой арматуры, соединяемая внахлест с балками-вставками при помощи болтов; 5 – болты; 6 – балка-вставка; *в* – способ, когда соединение части стержневой продольной арматуры балки и стальных двутавров-балок выполняется при помощи электросварки: 1 – стальной профиль жесткого армирования колонны; 2 – электросварка; 3 – двутавр-вставка; 4 – стержневая рабочая арматура балки

Рис.3.31. Монтажный узел стыковки между двумя колоннами по вертикали, выполненными в своей нижней части армированием с жесткой арматурой, а в верхней части – из железобетона с обычным армированием. Между соединяемыми по высоте колоннами предусматривается переходный этаж, который должен удовлетворять условиям: 1) стальной профиль жесткого армирования нижней колонны продлевается в стыке наверх на один или два этажа с переходом на меньшее сечение профиля по расчету; 2) стальные профили переходного этажа крепятся на болтовых соединениях диаметром  $d \geq 19\text{мм}$ , с шагом  $l \geq 200\text{мм}$  и защитным слоем бетона  $a \geq 50\text{мм}$



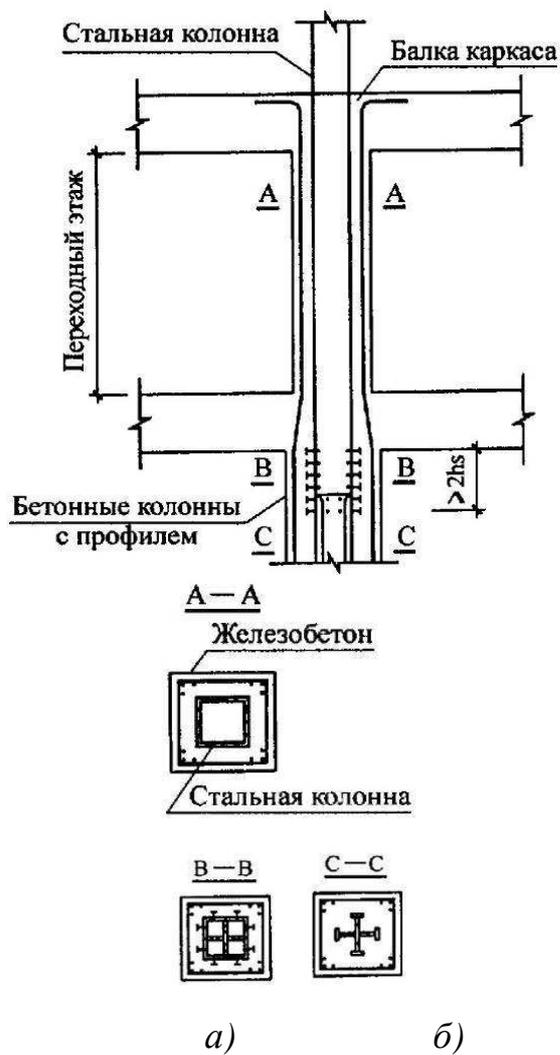


Рис.3.32. Монтажный узел стыковки между сталежелезобетонными колоннами со стальным профилем и стальными колоннами. Между соединяемыми по высоте колоннами предусматривается переходный этаж, который должен удовлетворять условиям: 1) стальной профиль жесткого армирования сталежелезобетонной колонны рассчитывается как стальная колонна; 2) стальные профили переходного этажа крепятся на болтовых соединениях с шагом по высоте  $l \geq 200\text{мм}$  и защитным слоем бетона  $a \geq 50\text{мм}$ ; 3) соединение крестообразных и прямоугольных стальных сечений колонн осуществлять с совмещением стенок

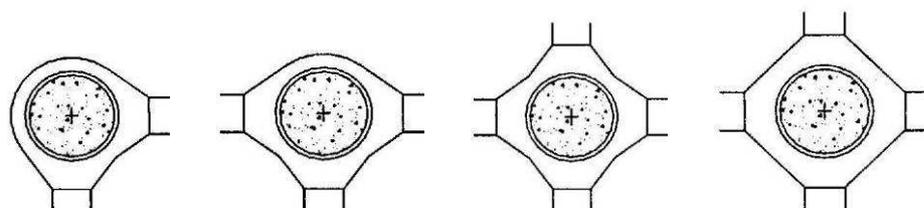


Рис.3.33. Поперечные сечения сталежелезобетонных конструкций колонн со стальными трубами каркаса здания: а – угловая колонна; б – крайняя колонна; в, г – средняя колонна

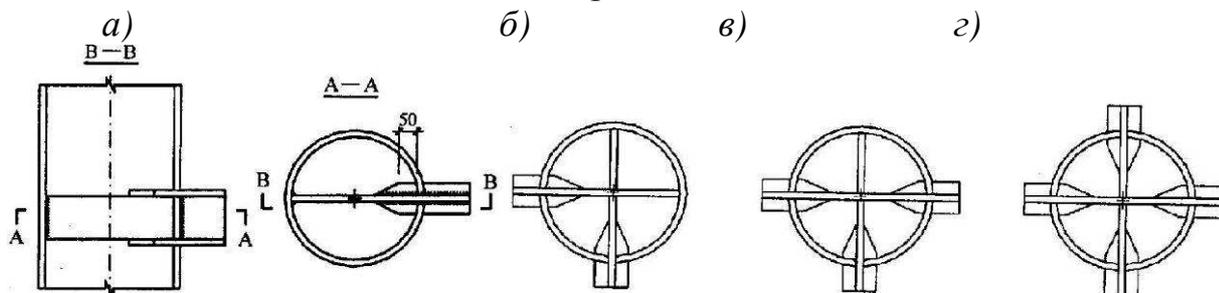


Рис.3.34. Узлы соединения между сталежелезобетонными колоннами и железобетонными балками: а – узел крепления несущего кольцевого ребра; б, в, г – возможные варианты расположения несущего кольцевого ребра: б – угловая колонна; в – крайняя колонна; г – средняя колонна

Передача поперечной силы  $Q$  осуществляется в стальных конструкциях через соединительную стенку, которая приваривается к обойме из стальной трубы с несущим кольцевым ребром (рис.3.35). Передача моментных усилий  $M$  от балок на колонны осуществляется через усиливающее кольцо, вокруг стальной обоймы, которое приваривается к нижним и верхним ребрам стальной балки. В угловых, крайних и средних колоннах каркаса кольцо усиления выполняется в виде замкнутого полного кольца. Восприятие поперечной (срезающей) силы  $Q$  через несущее кольцевое ребро позволяет распределить ее равномерно по всему поперечному сечению.

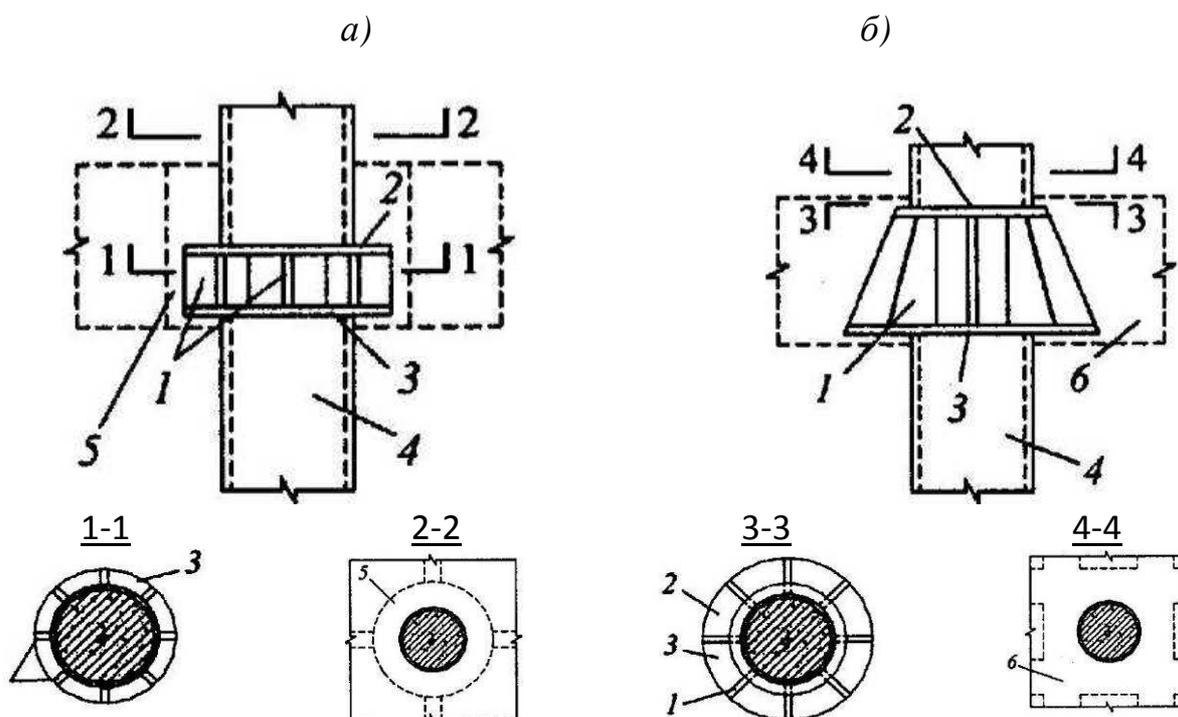


Рис.3.35. Узлы соединения между сталежелезобетонными колоннами и железобетонными балками при помощи контурного двутавра: *а* – двутавр в виде кольца; *б* – двутавр в виде конуса; 1 – ребра-стенки; 2 – верхняя кольцевая диафрагма усиливающего кольца; 3 – нижняя кольцевая диафрагма усиливающего кольца; 4 – сталежелезобетонная колонна из трубы; 5 – капитель; 6 – железобетонная платформа

В современных условиях при строительстве высотных зданий с применением сталежелезобетонных элементов каркаса в узлах соединения колонн и ригелей нашли широкое применение так называемые «круговые» или «контурные» двутавры для восприятия поперечной силы  $Q$  (рис.3.36).

С целью снижения воздействия стальных обойм на бетон, уложенный во внутреннюю полость сталежелезобетонной колонны из трубы, стенки стальных обойм не свариваются с растянутой рабочей арматурой железобетонных балок (ригелей). В этом случае соединение сталежелезобетонной колонны может осуществляться с балками через контурный бетон или капители, имеющие: прямоугольные (рис. 3.37*а*); круглые (рис. 3.37*б*) формы, не пересекающие колонны, а также балки с увеличенной шириной и рабочей арматурой балки, пересекающей колонну (рис.3.37*в*).

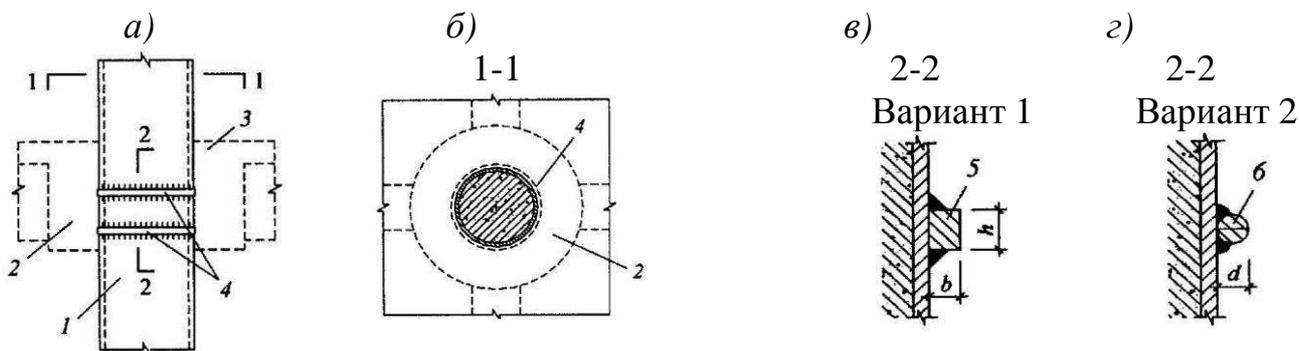


Рис.3.36. Узел кольцевого соединения между сталежелезобетонной колонной и железобетонными балками при помощи контурного кольцевого соединения: *а* – вид узла соединения сбоку; *б* – узел в плане по сечению 1-1; *в, г* – варианты устройства кольцевой опоры; 1 – сталежелезобетонная колонна с жестким армированием из стальной трубы; 2 – железобетонные кольцевые балки; 3 – железобетонное перекрытие; 4 – стальные кольца для восприятия срезающей, поперечной силы; 5 – полосовая сталь; 6 – круглая сталь

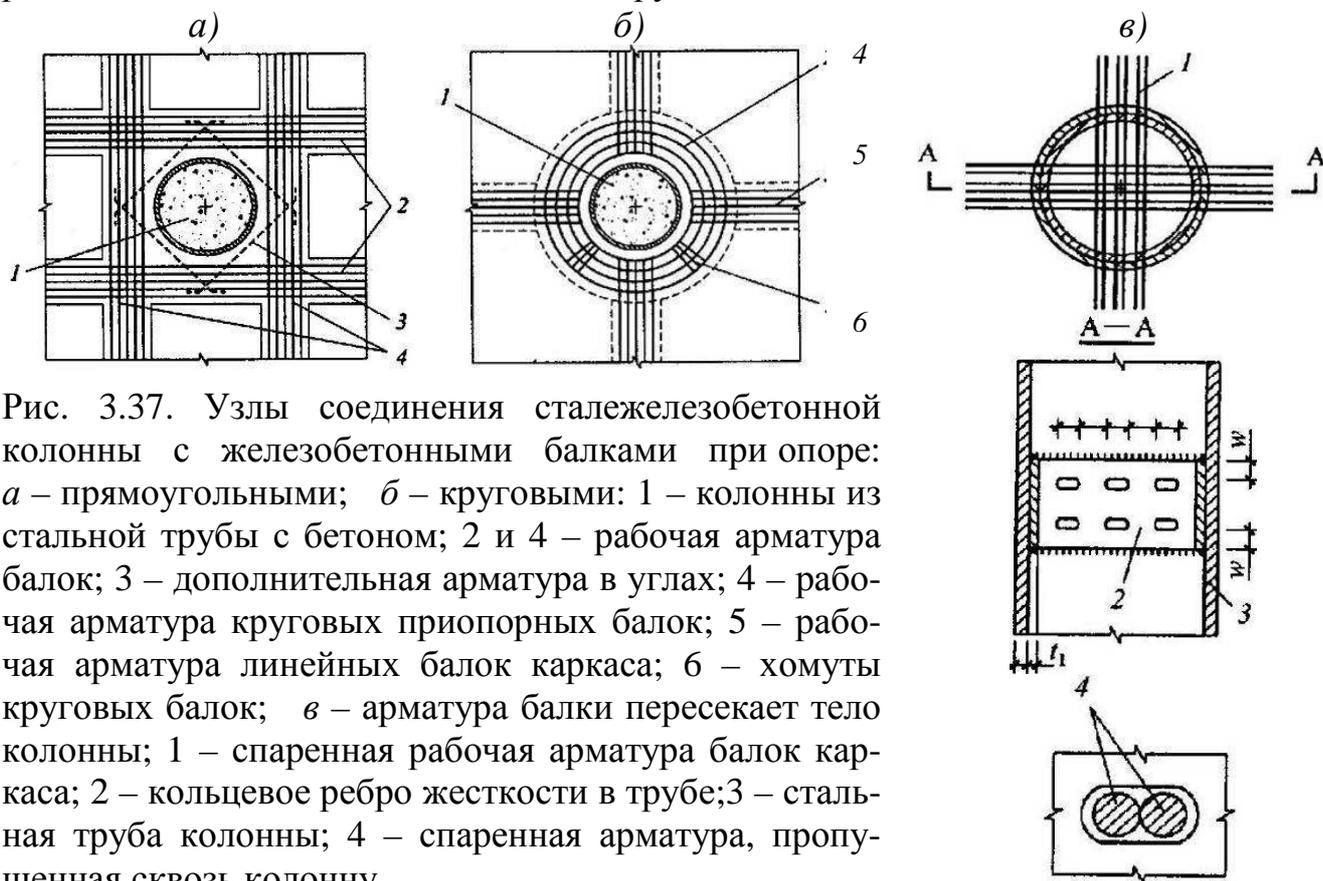


Рис. 3.37. Узлы соединения сталежелезобетонной колонны с железобетонными балками при опоре: *а* – прямоугольными; *б* – круговыми: 1 – колонны из стальной трубы с бетоном; 2 и 4 – рабочая арматура балок; 3 – дополнительная арматура в углах; 4 – рабочая арматура круговых приопорных балок; 5 – рабочая арматура линейных балок каркаса; 6 – хомуты круговых балок; *в* – арматура балки пересекает тело колонны; 1 – спаренная рабочая арматура балок каркаса; 2 – кольцевое ребро жесткости в трубе; 3 – стальная труба колонны; 4 – спаренная арматура, пропущенная сквозь колонну

В практике конструирования каркаса высотных зданий встречаются случаи, когда диаметр или размер поперечного сечения верхней колонны, выполненной из железобетона больше, чем диаметр или размер поперечного сечения ниже-расположенной колонны, выполненной из сталежелезобетона со стальной трубой (рис.3.32). В этом случае рабочая продольная арматура железобетонной колонны верхнего этажа (1) не может соосно стыковаться со стальной обоймой колонны нижнего этажа (5). Поэтому узел стыковки выполняют методом приваривания при

помощи электросварки стальных трубчатых коротышей к стальной обойме колонны нижнего этажа. Продольная рабочая арматура колонны верхнего этажа (6-го и 7-го) приваривается к состыкованным стальным трубам нижнего этажа и бетонируется в жесткий узел.

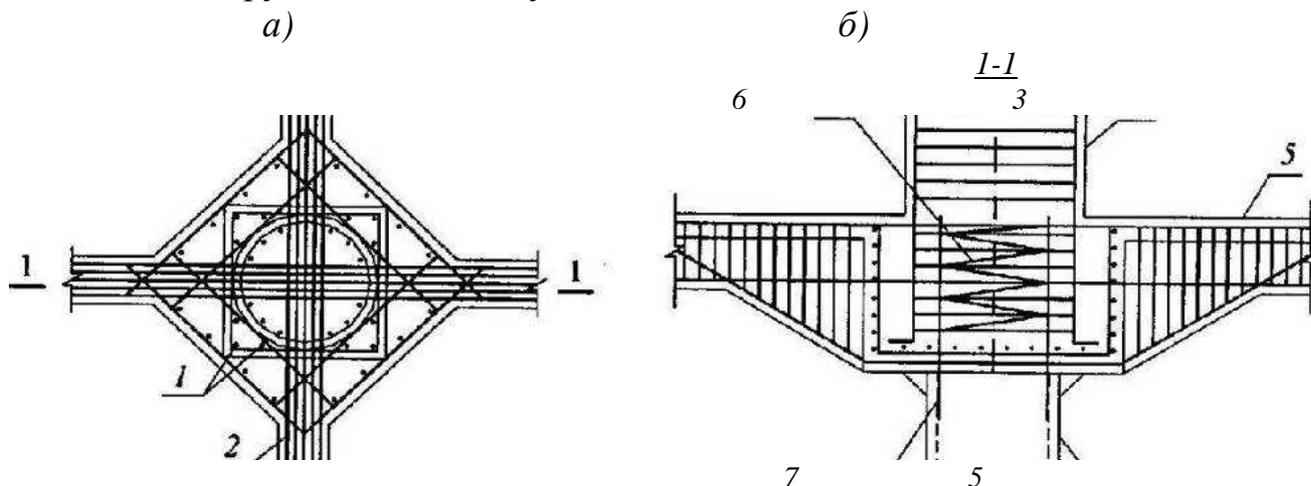


Рис.3.38. Жесткий узел соединения сталежелезобетонной колонны и стальной внешней обоймы из трубы, расположенной на нижнем этаже и железобетонной колонны, расположенной на верхнем этаже: а – план рас-положения узла стыковки; б – разрез по линии 1-1; 1 – продольная рабочая стержневая арматура верхней железобетонной колонны; 2 – хомутовая арматура; 3 – железобетонная колонна с большим поперечным сечением чем сечение колонны нижнего этажа; 4 – железобетонная балка каркаса; 5 – бетонная колонна со стальной внешней обоймой из трубы; 6 – коротыш из арматурной стали (арматурный каркас приваривается к внутренней стенке стальной обоймы из трубы); 7 – соединительные стержни из арматурной стали

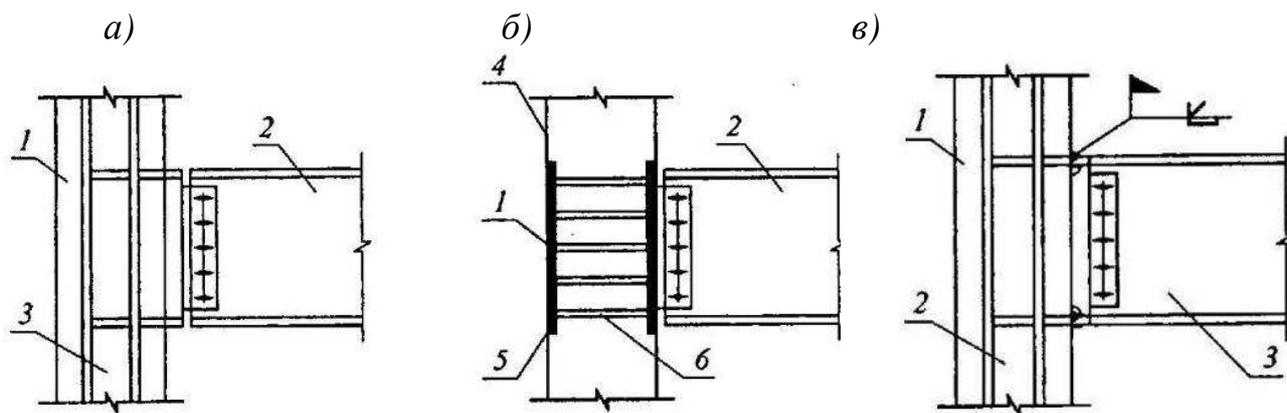


Рис.3.39. Узлы соединения железобетонных стен и стен-диафрагм со стальными балками каркаса: а и б – варианты шарнирного соединения; 1 – железобетонный элемент; 2 – конструкция стальной балки; 3 – закладная деталь в колонне; 4 – конструкция железобетонной стены; 5 – стальные пластины закладной детали в стене; 6 – соединительные арматурные стержни в закладной детали; в – вариант жесткого соединения: 1 – железобетонная стена; 2 – закладная деталь в теле стены; 3 – конструкция стальной балки

В отечественном и зарубежном строительстве комбинированных конструкций остовов высотных зданий часто применяются конструктивные элементы колонн, пилонов, стен, диафрагм жесткости, балок и др. из разных по отношению друг к другу материалов, включая бетон, железобетон, сталежелезобетон, сталь. Наиболее распространенные типы жесткого и шарнирного соединений железобетонных стен и стен-диафрагм со стальными балками приведены на рис.3.39.

Жесткое сопряжение вертикальных элементов каркаса высотных зданий, проектируемых из трубобетона, с горизонтальными элементами ригелей междуэтажных перекрытий, выполняют при помощи сварных или болтовых соединений. Аксонометрическая схема узлов жесткого примыкания стальных неразрезных главных балок рам каркаса и перекрытий на трубобетонные колонны для высотных зданий приведена на рис.3.40.

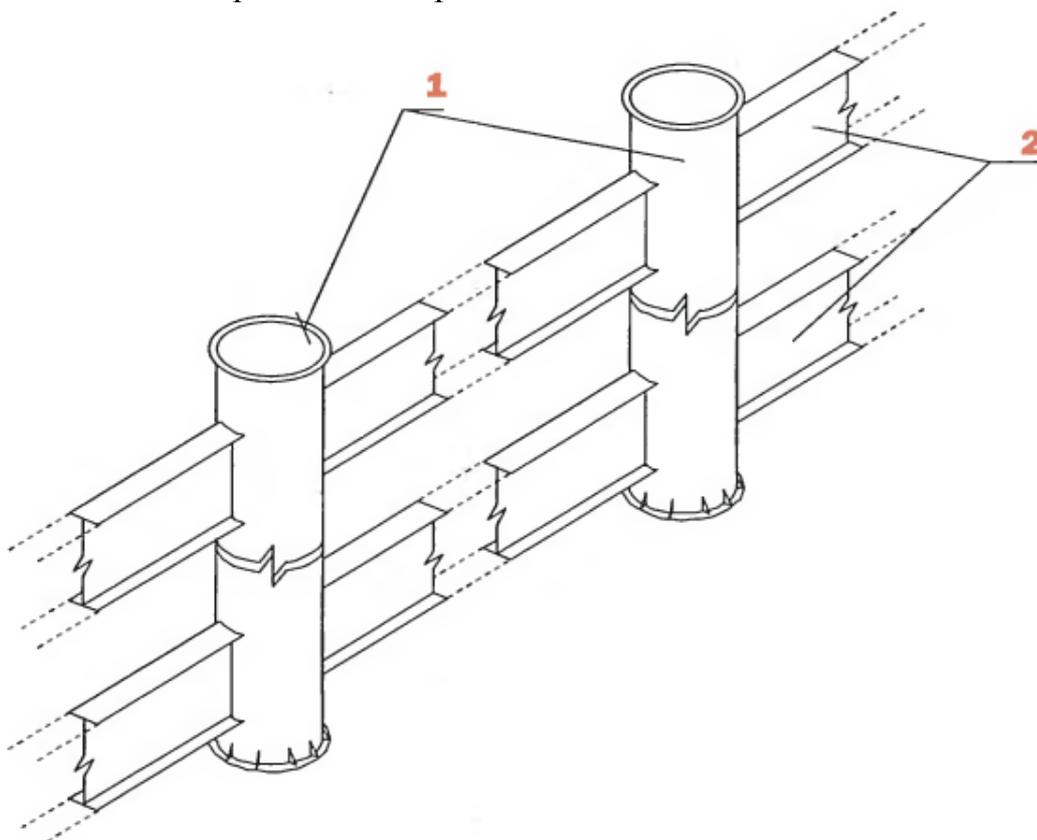


Рис. 3.40. Узлы жесткого примыкания стальных неразрезных главных балок рам каркаса и перекрытий на трубобетонные колонны для высотных зданий:  
1 – трубобетонные колонны; 2 – неразрезные главные балки перекрытий

При применении в качестве каркасного остова высотных зданий стальных конструкций с различной геометрической формой поперечного сечения вертикальных элементов колонн возникает вопрос надежного и жесткого стыкового соединения по высоте. По результатам расчетно-теоретических исследований, экспериментального моделирования работы стыков соединения колонн и опыта применения в строительстве высотных зданий, в современной практике высотного строительства нашли применение монтажные узлы стыков стальных колонн различного поперечного сечения на высокопрочных болтах на фланцевых соединениях (рис.3.41).

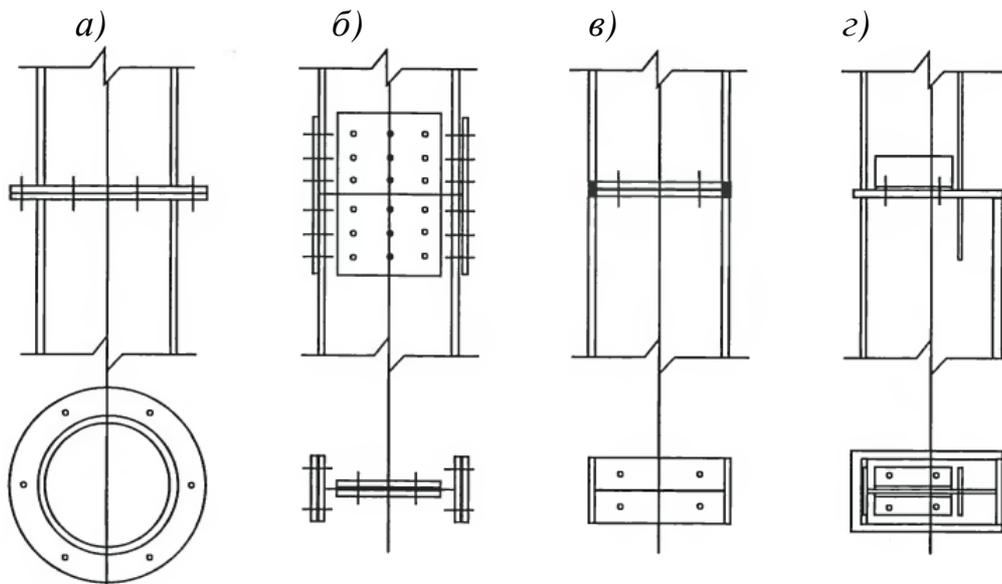


Рис. 3.41. Монтажные узлы стыков стальных колонн различного поперечного сечения на высокопрочных болтах: а, в – на фланцевых соединениях; б – с накладками; г – при изменении поперечного сечения элементов колонны по высоте

В зависимости от принятой конструктивной и расчетной схемы для стального каркаса высотного здания, узлы сопряжения колонн с фундаментом могут приниматься, как правило, жесткими и в отдельных случаях – шарнирными. В практике строительства такие узлы выполняются с соответствующими конструкциями базы стальной колонны (рис.3.42), которые методом безвыверочного монтажа соединяются с фундаментом при помощи анкерных болтов по шарнирной (рис. 3.42,а) или жесткой схеме (рис. 3.42,б).

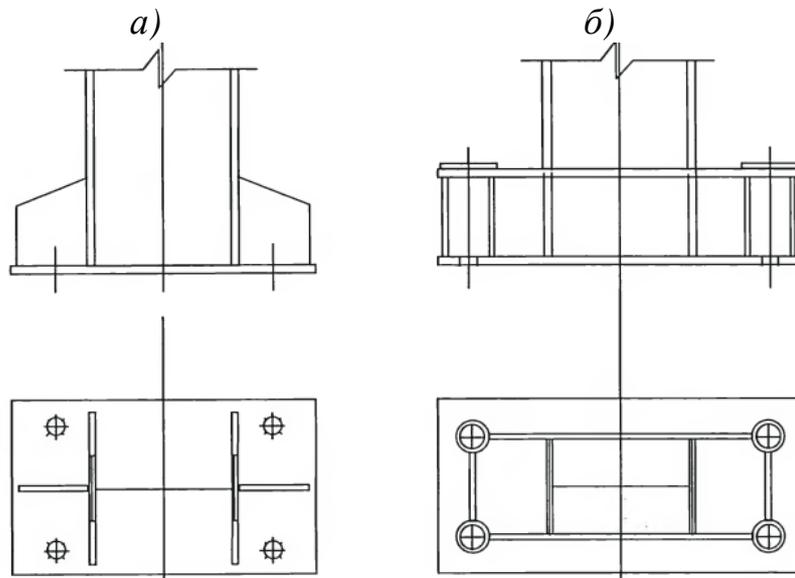


Рис.3.42. Конструкции баз стальных сплошных колонн с различной конструктивно-расчетной схемой опорного узла примыкания к фундаменту высотных зданий: а – с опорным листом, подкрепленным вертикальными ребрами (по шарнирной схеме); б – со сварной траверсой (по жесткой схеме)

Широкое распространение в современном высотном строительстве нашли комбинированные сборно-монолитные сталежелезобетонные конструкции, изготавливаемые из легковозводимых при различных погодных условиях стальных вертикальных и горизонтальных стержневых элементов каркаса (колонны, ригели, связи, прогоны, затяжки, подвески и т.д.) с комплексом огнезащитных мероприятий. В качестве огнестойких междуэтажных конструкций перекрытий применяются монолитные железобетонные плиты, уложенные на несъемную оснастку (опалубку) из оцинкованного профилированного настила, который надежно прикрепляется к верхнему поясу несущих главных балок стального каркаса при помощи специальных корытышей (рис.3.43).

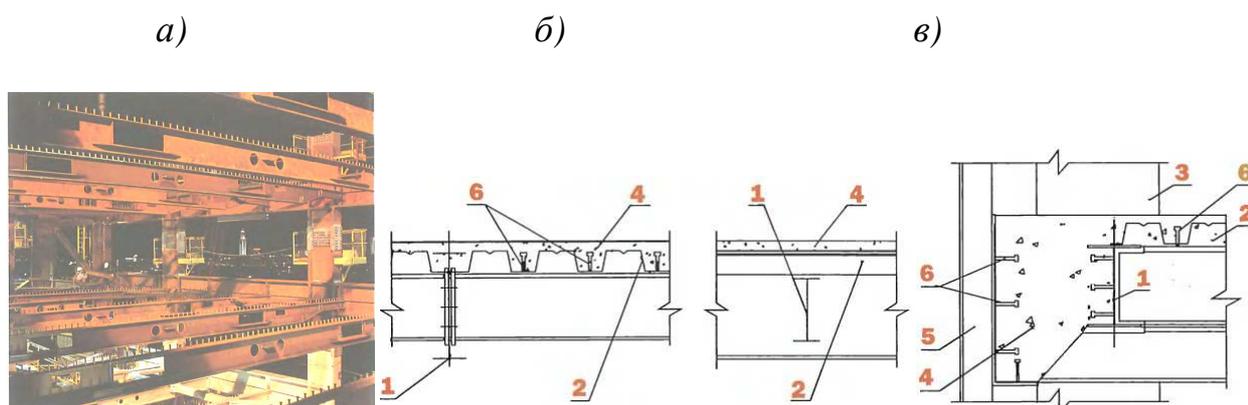


Рис. 3.43. Общий вид и узлы опирания перекрытия из монолитного железобетона, уложенного по стальному профилированному настилу: *а* – общий вид каркаса со стальными балками, к которым приварены корытыши для крепления профнастила; *б* – главная балка, расположенная внутри здания; *в* – то же, расположенная в плоскости наружной стены; 1 – стальная балка; 2 – профилированный стальной настил; 3 – колонна; 4 – монолитный бетон плиты перекрытия; 5 – облицовка наружной стены; 6 – анкерные корытыши для крепления стального профилированного настила к стальной балке

В тех случаях, когда в качестве вертикальных несущих элементов стенового остова высотного здания служат стены, выполненные из железобетона, междуэтажные перекрытия или покрытие запроектированы из комплексной конструкции с применением стальных прокатных или сварных конструкций, важно обеспечить надежные узлы опирания стальных элементов на железобетонные стены (рис.3.44). Опирание стальных элементов на стены может быть выполнено по поэтажной схеме, когда ригель или балка опирается непосредственно на стену в нише (рис.3.44,*а,б*), или посредством опоры на консольные столики (рис.3.44,*в*). Во всех случаях стальная балка должна надежно прикрепляться в опорной своей части к железобетонной стене. При опирании через нишу концевая часть балки крепится при помощи затяжки с резьбовым соединением, а при опирании сбоку от стены на опорный столик, крепление осуществляется при помощи электросварки к закладной детали.

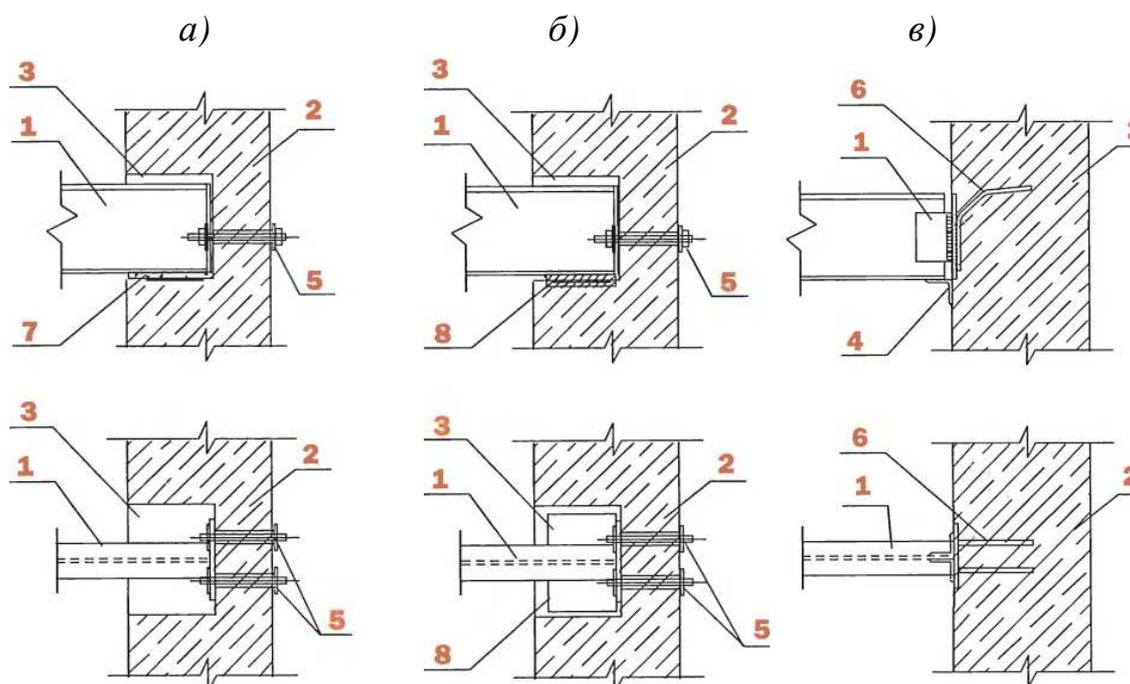


Рис.3.44. Принципиальные конструктивные решения по узлам опирания стальных балок на железобетонную стену для высотных зданий: *а* – через слой выравнивающего цементно-песчаного раствора; *б* – то же, через опорные металлические прокладки; *в* – через консольные стальные опорные столики; 1 – стальная балка; 2 – железобетонная стена; 3 – опорная ниша в стене; 4 – опорный столик; 5 – затяжной анкер; 6 – закладная деталь в стене; 7 – выравнивающий цементно-песчаный раствор; 8 – стальная прокладка

### 3.6. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Долговечность и ремонтпригодность несущих конструкций высотных зданий регламентируются требованиями [23]. В течение всего предполагаемого срока службы высотного здания, который устанавливается в задании на проектирование, несущие конструкции зданий должны сохранять свои предусмотренные проектом свойства (прочность, устойчивость и длительную эксплуатационную пригодность по назначению) в допустимых пределах, с учетом требований [15].

Отдельные элементы, детали зданий, а также оборудование, устанавливаемое в зданиях, срок службы которых меньше соответствующего срока службы несущих конструкций остова зданий, выполняются из условий заменяемости в установленные проектом межремонтные периоды по технико-экономическим расчетам. Стыковые соединения сборных элементов и слоистые конструкции рассчитываются с учетом восприятия температурно-влажностных деформаций и усилий, возникающих при неравномерной осадке грунтов основания и при других эксплуатационных воздействиях.

Проектом предусматриваются мероприятия по обеспечению возможности доступа к оборудованию, арматуре и приборам инженерных систем здания и их соединениям для осмотра, технического обслуживания, ремонта и замены. Инженерно-технологическое оборудование и трубопроводы инженерных систем,

с целью их нормальной эксплуатации, закрепляются к строительным конструкциям здания таким образом, чтобы их работоспособность не нарушалась при возможных перемещениях конструкций. Строительные конструкции и детали несущего и ограждающего остова высотных зданий выполняются из материалов, обладающих стойкостью к возможным негативным воздействиям влаги, низких температур, агрессивной среды, биологических и других неблагоприятных факторов с соблюдением требований [9].

Вводы инженерных коммуникаций в высотные здания, расположенные в особых условиях, включая районы со сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, подверженные сейсмическим воздействиям, подработке, карсту, просадке, набуханию и другим перемещениям грунта, включая морозное пучение, выполняются с учетом необходимости компенсации возможных деформаций грунта основания в соответствии с требованиями, установленными в нормативных документах по соответствующим инженерным сетям.

#### **4. НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Наружные ограждающие конструкции стен высотных зданий выполняют несущими и ненесущими (самонесущими, навесными на каркас остова здания).

Конструкции несущих наружных стен проектируют таким образом, чтобы они включались в совместную работу с внутренними несущими конструктивными элементами диафрагм и ядер жесткости, воспринимающих вертикальные нагрузки от перекрытий и собственного веса, а также горизонтальные ветровые и сейсмические нагрузки, что определяет их конструктивное решение. Наружные несущие стены высотных зданий проектируются с жесткими узлами конструктивного соединения с междуэтажными плитами перекрытий в горизонтальном направлении и внутренними несущими конструкциями в вертикальном направлении. В связи с этими основными условиями, проектирование несущего остова высотных зданий, как правило, осуществляется из цельно-монолитного железобетона, сборно-монолитного и цельносборного железобетона с различными видами армирования (без предварительного напряжения, с предварительным напряжением, жесткое армирование).

Для обеспечения нормативных требований по тепловой защите наружных ограждающих конструкций высотных зданий с несущими наружными стенами, с их наружной стороны осуществляется утепление с применением современных и эффективных утепляющих материалов расчетной толщины, при техническом решении, обеспечивающем требуемый уровень тепловой защиты здания в соответствии с требованиями [20], включая применение фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором. При этом, в соответствии с противопожарными требованиями [16], в несущих наружных стенах высотных зданий применяется исключительно только негорючий плитный утеплитель группы горючести НГ или Г1. Применение утеплителя группы горючести Г1 допускается при условии его защиты со всех сторон материалами, позволяющими обеспечить класс пожарной опасности КО для несущей конструкции и соответственно, предел ее огнестойкости, приведенный в табл.4.1.

Таблица 4.1

Предел огнестойкости строительных конструкций по признаку потери несущей способности  $R$ , целостности  $E$ , теплоизолирующей способности  $I$

№ п.п.	Наименование строительных конструкций	Минимальный предел огнестойкости, минут, по признаку потери:		
		Несущей способности, $R$	Целостности, $E$	Теплоизолирующей способности, $I$
1	2	3	4	5
<b>1.</b>	<b>Стены несущие:</b>			
1.1.	Наружные.....	180**	60	Н.н.*
1.2.	Внутренние.....	180**	По пункту 5	По пункту 5
1.3.	Противопожарные.....	180**	180**	180**
<b>2.</b>	<b>Колонны</b>	180**	Н.н.	Н.н.
<b>3.</b>	<b>Стены самонесущие</b>			
3.1.	Наружные.....	90	60	Н.н.
3.2.	Внутренние.....	90	По пункту 5	По пункту 5
3.3.	Противопожарные.....	180**	180**	180**
<b>4.</b>	<b>Стены наружные ненесущие (из навесных панелей).....</b>	Н.н.	60	Н.н.
<b>5.</b>	<b>Стены внутренние ненесущие (перегородки):</b>			
5.1.	Между гостиничными номерами, офисами и т.д.....	Н.н.	60	60
5.2.	Отделяющие помещения от атриума; между коридорами и номерами гостиниц, офисами и т.д..	Н.н.	60	60
5.3.	Отделяющие помещения для аварийного генератора и дизельных электростанций.....	Н.н.	180	180
5.4.	Отделяющие торговые залы площадью 2000м <sup>2</sup> и др. помещения зального типа, для одновременного пребывания более 500 чел.....	Н.н.	180	180
5.5.	Отделяющие квартиры (апартаменты) друг от друга, а также квартиры от других помещений и коридоров.....	Н.н.	120	120
5.6.	Отделяющие лифтовые холлы.....	Н.н.	60	60
5.7.	Отделяющие лифтовые холлы и тамбуры лифтов для транспортирования пожарных подразделений.....	Н.н.	120***	120***
5.8.	Отделяющие встроенную баню сухого жара от помещений.....	Н.н.	60	60
5.9.	Отделяющие помещения предприятий бытового обслуживания площадью более 300 м <sup>2</sup> , в которых применяются легково-			

5.10.	спламеняющиеся вещества.....	Н.н.	60	60
5.11.	Отделяющие помещения для книгохранилищ, архивов.....	Н.н.	180	180
6.	<b>Стены лестничных клеток</b>			
6.1.	Внутренние.....	180**	180	180
6.2.	Наружные.....	180**	60	Н.н.
7.	<b>Элементы лестничных клеток</b> (площадки, марши косоуры, балки).....	60	Н.н.	Н.н.
8.	<b>Элементы перекрытий</b>			
8.1.	Междуэтажных и чердачных:			
8.1.1.	-балки, ригели, рамы, фермы.....	180**	Н.н.	Н.н.
8.1.2.	-плиты, настилы.....	120***	120***	120***
8.2.	Междуэтажных и чердачных над и под помещениями по п.п. 5.3 и 5.4 таблицы:			
8.2.1.	-балки, ригели, рамы, фермы.....	180**	Н.н.	Н.н.
8.2.2.	-плиты, настилы.....	180**	120**	120**
8.3.	Противопожарных.....	180**	180**	180**
9.	<b>Элементы покрытий</b>			
9.1.	Предназначенные для эвакуации и спасения людей, а также размещения площадки для вертолета или спасательной кабины на кровле:			
9.1.1.	-балки, ригели, рамы, фермы.....	180**	Н.н.	Н.н.
9.1.2.	-плиты, настилы.....	120***	120***	120***
9.2.	Над другими помещениями:			
9.2.1.	-балки, ригели, рамы, фермы.....	30	Н.н.	Н.н.
9.2.2.	-плиты, настилы.....	30	30	Н.н.
10.	<b>Ветровые связи</b>	Как балки, ригели, рамы, фермы по п.п. 8 и 9 таблицы		
11.	<b>Конструкции шахт</b>			
11.1.	Лифтовые и коммуникационные шахты, каналы и короба, не пересекающие границы пожарных отсеков.....	120	120	120
11.2.	Лифтовые шахты, пересекающие границы отсеков и шахт лифтов для транспортирования пожарных подразделений.....	180**	180**	180**
11.3.	Коммуникационные шахты, каналы и короба, пересекающие границы пожарных отсеков.....	180**	180**	180**

Примечание к табл.4.1: \* – не нормируется; \*\* – для зданий высотой более 100 м предел огнестойкости, как правило, устанавливается *REI240, R240*; \*\*\* – для зданий высотой более 100 м предел огнестойкости *REI180*.

Конструкции навесных (самонесущих) наружных ограждающих конструкций стен высотных зданий выполняются из различных современных материалов, к которым предъявляются повышенные требования по прочности, огнестойкости, водонепроницаемости, тепло- и звукоизоляции, длительной эксплуатационной пригодности и ремонтпригодности. Поэтому в практике высотного строительства часто используются и применяются следующие конструктивные решения и материалы для навесных (самонесущих) наружных ограждающих конструкций стен.

– Трехслойные навесные облегченные панели-скорлупы с наружным облицовочным слоем из сборных тонкостенных элементов, изготавливаемых из конструктивных легких или тяжелых бетонов класса по прочности на одноосное сжатие, не ниже В25, марки по морозостойкости, не ниже F150. Внутренний слой трехслойных навесных панелей выполняется: однослойным из теплоизоляционных легких бетонов марки по плотности D200-D500 по ГОСТ Р 51263-99 и ГОСТ 25820-2000 или двухслойным с теплоизоляционным слоем из эффективного плитного утеплителя и внутренним слоем из кладки кирпича или ячеистобетонных блоков на кладочном цементно-песчаном растворе. Между внутренним навесным несущим и теплоизолирующим слоем панели и наружным облицовочным слоем предусматривается воздушный зазор 20 мм.

– Двухслойные наружные стены из мелкоштучных материалов. Наружный слой изготавливается из кладки облицовочного кирпича на цементно-песчаном растворе «под расшивку швов» или других видов облицовки. Внутренний слой наружной стены выполняется из эффективных легких бетонов, обладающих повышенными теплоизоляционными свойствами.

– Трехслойные наружные стены, состоящие из: наружного облицовочного слоя, выполняемого из кирпичной кладки или другого вида облицовки; среднего слоя, выполняемого из эффективного плитного утеплителя; внутреннего слоя, выполняемого из кирпичной или ячеистобетонной кладки блоков.

Повышенные требования предъявляются к материалу и конструкции наружного облицовочного слоя в навесных трехслойных железобетонных панелях с гибкими связями. Для наружного облицовочного слоя рекомендуется применять легкий конструктивный (по ГОСТ 25820-2000) или тяжелый (по ГОСТ 26631-91) бетоны класса по прочности на сжатие не менее В25 и марки по морозостойкости, не ниже F150. Поэтому отечественными строительными нормами не допускается применение в облицовке фасадов высотных зданий декоративных архитектурных элементов и деталей, изготовленных из пенополистирола, отделанных декоративной штукатуркой. Долговечность конструкции наружного облицовочного слоя принимается из условий нормативной безремонтной эксплуатации высотного здания. Навесные наружные стены высотных зданий проектируются с поэтажной разрезкой по высоте и опиранием конструкций стен каждого этажа на междуэтажные перекрытия или специальные контурные балки, которые конструктивно жестко связаны с междуэтажными перекрытиями. Система поэтажной разрезки наружных стен предусматривается с целью обеспечения требуемой устойчивости конструкций стен по высоте. Кроме этого, для устойчивости наружных стен в пределах каждого этажа предусматривается

система податливых связей ограждающей конструкции с каркасом здания. В соответствии с противопожарными требованиями [16], при проектировании конструкций наружных стен высотных зданий, вентилируемый зазор между утепляющим и наружным ограждающим слоями прерывается по высоте не реже, чем через три этажа, при помощи устройства горизонтальных огнестойких диафрагм. С целью обеспечения непрерывного процесса естественной вентиляции утепляющего слоя в наружной стене, в конструкции наружного облицовочного слоя, на полную высоту вентилируемой зоны, предусматриваются воздухозаборные – на нижней отметке, и воздуховыводящие – на верхней отметке стены, отверстия суммарной расчетной площади.

Имеются технические ограничения на применение в высотном строительстве навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором. Поэтому применение таких систем фасадов разрешается только при наличии соответствующих технических свидетельств на использование в высотном строительстве (рис. 4.1а). К конструкциям наружных ограждающих элементов высотных зданий (навесные утепленные стеновые панели, витражные системы и др.), наряду с действующими общетехническими нормативными требованиями, предъявляются дополнительные повышенные требования (рис. 4.1б), включая :

- надежную и гарантированную способность к восприятию дифференцированных по высоте ветровых нагрузок, в том числе их пульсационную составляющую, в соответствии с [5], приложением 5.1. [35] и разделом 1.2. настоящего пособия. Узлы крепления несущих навесных наружных стен к несущим конструкциям остова высотного здания выполняют из условия обеспечения свободных деформаций, в пределах расчетной податливости стен при температурно-влажностных перемещениях и горизонтальных воздействиях от ветровой или сейсмической нагрузки. Крепление конструкций несущих наружных стен высотных зданий к несущим конструкциям их остова выполняется преимущественно на болтовых соединениях;

- соответствие современным требованиям к уровню тепловой защиты высотных зданий и экономии основных энергоресурсов в зависимости от их высоты в соответствии с п.7.3 [35];

- долговечность теплоизолирующего слоя конструкции наружного ограждения должна быть равной долговечности самой ограждающей конструкции высотного здания. В том случае, если это требование не выполняется, то конструкция наружного ограждения здания должна обеспечивать возможность ремонта или замены теплоизолирующего слоя;

- соответствие эксплуатационным требованиям, связанным с техническим обслуживанием и возможностью ремонта конструктивных элементов или ремонтпригодности фасадов высотных зданий. Технические решения по обеспечению ремонтпригодности фасадов, устройства и приспособления для чистки и мытья светопрозрачных ограждений предусматриваются в проектах на высотные здания.

Ветровая или сейсмическая нагрузка, приложенная, как правило, по горизонтали к наружным ограждающим конструкциям высотных зданий, имеет принципиальное значение при решении инженерных задач расчета по прочности,

устойчивости, надежности и длительной эксплуатационной пригодности конструкций окон, витражей и навесных светопрозрачных фасадных конструкций и их креплений к несущим конструкциям остова. С целью безопасной эксплуатации, все конструкции окон, витражей и навесных светопрозрачных фасадных конструкций, включая тип, материал и поперечное сечение переплета; толщину и тип стекла; расчетную предельно допустимую площадь остекления; геометрическое соотношение сторон поля остекления, проектируются с требуемой жесткостью из плоскости элемента в соответствии с требованиями [53] и рассчитываются на действие ветровой нагрузки с учетом всех ее составляющих по [5]. Для применения в качестве наружных ограждающих конструкций высотных зданий, каждый комплект системы витражей и навесные фасадные конструкции снабжается специальными техническими свидетельствами.

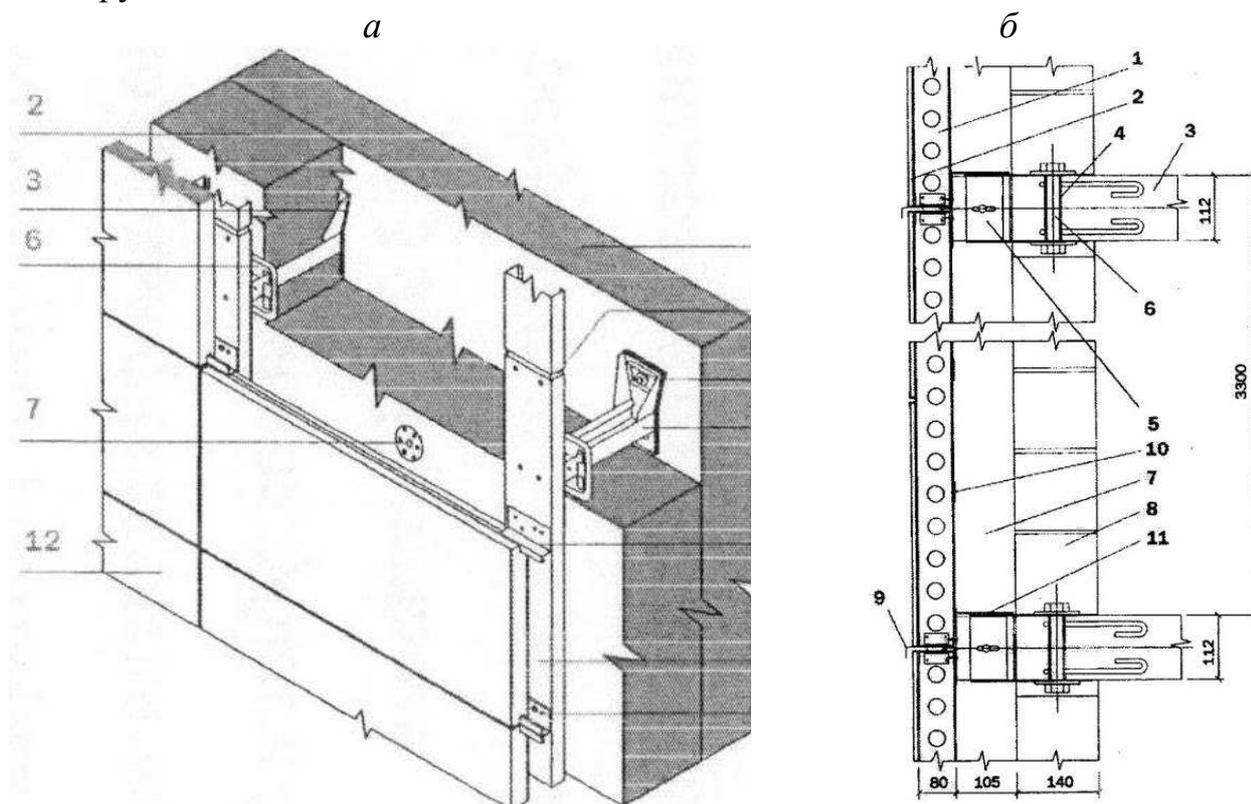


Рис. 4.1. Принципиальные схемы фасадных систем высотных зданий:

*а* – фасадная система с вентилируемым воздушным зазором: 1 – основание (ж/б панель); 2 – утеплитель укрытый пароароницаемой пленкой; 3 – паронитовая прокладка; 4 – анкерный дюбель; 5 – кронштейн с подвижной вставкой; 6 – прижим для утеплителя; 7 – тарельчатый дюбель; 8 – вертикальный профиль; 9 – скоба; 10 – кляммер; 11 – заклепка; 12 – плита из натурального камня. *б* – принципиальная схема поперечного сечения по ограждающей конструкции наружной стены по высоте с фасадной панелью на основе металлического фасада: 1 – фасадная панель; 2 – плитка керамическая; 3 – плита перекрытия; 4 – стальная трубка с анкерами; 5 – консоль регулируемая; 6 – болт с гайкой; 7 – слой утеплителя; 8 – кладка легкобетонных блоков; 9 – козырек; 10 – планка фиксации слоя утеплителя; 11 – поэтажная опорная решетка для утеплителя

Расчетный срок службы гибких металлических связей в наружных ограждениях принимается не менее его проектного срока с изготовлением конструкций гибких связей из коррозионностойкой стали по ГОСТ 5632-71\*.

Коррозионную защиту металлических закладных, накладных и других соединительных элементов в железобетонных и сталежелезобетонных конструкциях высотных зданий осуществляют путем замоноличивания товарным бетоном пластичной консистенции с заполнителями мелкой фракции. При этом класс бетона для замоноличивания металлических изделий принимается не ниже проектного класса бетона, примененного для несущих железобетонных или сталежелезобетонных конструкций остова.

## 5. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При проектировании высотных зданий, для каждого из них, наряду с основным паспортом на здание, составляется энергетический паспорт с указанием класса энергетической эффективности и процента снижения расчетного удельного расхода тепловой энергии на отопление здания в пределах величин отклонений, в соответствии с требованиями [20].

Класс энергетической эффективности устанавливается организацией-заказчиком и указывается в задании на проектирование. В соответствии с классификацией, приведенной в [20], для высотных зданий класс энергетической эффективности может приниматься: класс «А» – очень высокий; класс «В» – высокий. В исключительных случаях, при соответствующем обосновании, допускается понижение класса энергетической эффективности, но не ниже класса «С», квалифицируемого, как «нормальный».

Вопросы тепловой защиты высотных зданий, регламентируются требованиями [20], разделом 7 [35], основные позиции которых представлены в настоящем пособии.

В отношении тепловой защиты высотные здания дифференцируются по их высоте на две группы: до 150 м и выше 150 м. При этом, независимо от высоты, для каждой группы назначается единый уровень тепловой защиты высотного здания. Только при специальном обосновании допускается принимать различные уровни тепловой защиты по высоте.

Величина расчетного приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих вертикальных и горизонтальных конструкций (за исключением светопрозрачных)  $R_0$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , для различных условий расчета, включая: функциональный тип помещения (жилые, административные, общественные и др.); высота (от 76 м до 150 м и свыше 150 м); покрытий и перекрытий над проездами, перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами, должна приниматься не менее нормируемых численных значений  $R_{req}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , приведенных в табл. 7.3.1., прил. 7.3 [35], или приведенной ниже табл. 5.1.

В тех случаях, когда условие  $Q_k^{req} > Q_k^{bas}$  может обеспечиваться при меньших значениях сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R_0$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$  (за исключением светопрозрачных), величину  $R_0$  разрешается снижать, но не ниже минимальных значений  $R_{req}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , приведенных в табл. 5.1.

Величина расчетного удельного расхода тепловой энергии на отопление за отопительный период  $Q_k^{bas}$  должна приниматься для соответствующих высот

зданий не более нормируемых значений  $Q_k^{req}$ , т.е.  $Q_k^{req} > Q_k^{bas}$  принимаемых с учетом пункта 7.2, по табл. 7.3.2, приложению 7.36 [35] или табл.5.2.

Таблица 5.1

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, применительно к высотным зданиям

Функциональный тип помещений	Высота, м	Нормируемые значения $R_{req}$ , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ ,		
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами
Жилые здания и гостиницы, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+20^\circ C$	от 76 до 150	3,23	<u>4,81</u>	<u>4,25</u>
		2,03	3,85	3,40
	свыше 150	3,55	<u>5,29</u>	<u>4,68</u>
		2,24	4,23	3,74
То же, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+21^\circ C$	от 76 до 150	3,30	<u>4,92</u>	<u>4,35</u>
		2,08	3,94	3,48
	свыше 150	3,64	<u>5,42</u>	<u>4,79</u>
		2,29	4,34	3,83
Административные (офисы) и другие общественные здания, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+20^\circ C$	от 76 до 150	2,77	<u>3,69</u>	<u>3,13</u>
		1,75	2,95	2,50
	свыше 150	3,05	<u>4,06</u>	<u>3,45</u>
		1,92	3,25	2,76
Общественные здания, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+18^\circ C$	от 76 до 150	2,63	<u>3,78</u>	<u>3,20</u>
		1,66	3,02	2,56
	свыше 150	2,90	<u>4,16</u>	<u>3,53</u>
		1,83	3,33	2,82

Примечание к табл.5.1. Над чертой – при расчете по приведенному сопротивлению теплопередаче согласно п. 7.5 [35], под чертой – минимально допустимые значения  $R_{req}$  при расчете согласно п. 7.6 [35].

Таблица 5.2

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление многофункциональных высотных зданий за отопительный период  $Q_k^{req}$

Тип помещений	Высота	Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания $Q_k^{req}$ , МДж/м <sup>2</sup> [МДж/м <sup>3</sup> ] кВт·ч/м <sup>2</sup> [кВт·ч/м <sup>3</sup> ]
Жилые здания и гостиницы, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+20^{\circ}C$	от 76 до 150	342 [114] 95 [32]
	свыше 150	320 [107] 89 [30]
То же, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+21^{\circ}C$	от 76 до 150	360 [120] 100 [33]
	свыше 150	338 [113] 94 [31]
Административные (офисы) и другие общественные здания, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+20^{\circ}C$	от 76 до 150	327 [99] 91 [27,5]
	свыше 150	300 [91] 83 [25]
Общественные здания, при температуре внутреннего воздуха в помещении $t_{int}=+18^{\circ}C$	от 76 до 150	300 [91] 83 [25]
	свыше 150	294 [89] 82 [25]

Примечание к табл.5.2. Нормы на 1 м<sup>2</sup> установлены из расчета высоты помещений (от пола до потолка без учета подвесного потолка) жилых зданий и гостиниц равными 3 м, административных (офисных) и других общественных зданий – 3,3 м; допускается величины норм, установленные в таблице, пересчитывать на другие высоты помещений конкретного проекта.

С целью обеспечения оптимальных и комфортных условий для проживания, работы и отдыха в помещениях высотных зданий, теплотехнический расчет ограждающих конструкций выполняется при расчетной температуре внутреннего воздуха ( $t_{int}$ , °C), принятой для большего числа функциональных помещений по табл. 7.2.1., 7.2.2., 7.2.3., прил. 7.2 [35] или табл. 5.3, 5.4, 5.5. настоящего пособия .

Таблица 5.3

Оптимальные значения параметров внутреннего воздуха для высотных жилых зданий и гостиниц

Период календарного года	Наименование помещения	Температура воздуха, °C	Результирующая температура	Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Жилая комната или гостиничный номер с воздушным или водяным отоплением с местными отопительными приборами	20-22	19-20	30-45	0,15
	Гостиничный номер с лучистым отоплением	17-20	19-20	30-45	0,15

	Кухня с воздушным или водяным отоплением с местными отопительными приборами	19-21	18-20	НН <sup>*)</sup>	0,15
	Туалет	19-21	НН	НН	0,15
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	23-27	НН	0,15
	Межквартирный коридор	18-20	НН	НН	НН
	Вестибюль лестничной клетки	16-18	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната, гостиничный номер	22-25	22-25	<60	0,2

<sup>\*)</sup> НН – не нормируется.

Таблица 5.4

Оптимальные значения параметров внутреннего воздуха  
высотных общественных зданий

Период календарного года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С	Результирующая температура, °С	Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Офис с воздушным или водяным отоплением с местными отопительными приборами	19-21	18-20	30-45	0,2
	То же, с лучистым отоплением	17-20	18-20	30-45	0,2
Теплый	Офис с воздушным или лучистым отоплением	24-25	22-24	<60	0,3

В помещениях высотных зданий, где создание оптимального режима эксплуатации обеспечивается системами лучистого отопления или охлаждения с панелями, размещенными в потолке, производится проверка допустимой температуры поверхности панелей из условия ограничения облученности головы человека. В этом случае тепловой поток  $q_{т}^h$ , при условии соблюдения теплового комфорта, должен удовлетворять условию:  $11,6 < q_{т}^h < 35$  Вт/м<sup>2</sup>.

С целью рационального и экономного расходования энергоресурсов допускается снижение температуры внутреннего воздуха до +16<sup>0</sup>С в помещениях жилых, гостиничных и общественных зданий при длительном (более одних суток) отсутствии людей в помещениях квартир или незанятых номерах гостиниц, а также в офисах во внерабочее время, в соответствии с табл.5.5.

Таблица № 5.5

Допустимые параметры внутреннего воздуха  
жилых, гостиничных и общественных высотных зданий

Период календарного года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С	Результирующая температура, °С	Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Жилая комната или гостиничный номер с воздушным или водяным отоплением с местными отопительными приборами	18-24	17-23	НН <sup>*)</sup>	0,2
	Гостиничный номер с лучистым отоплением	16-20	18-23	НН	0,2

	Кухня с воздушным или водяным отоплением с местными отопитель-ными приборами	18-23	17-22	НН	0,2
	Туалет	18-23	НН	НН	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	20-28	НН	НН	0,2
	Межквартирный коридор	18-22	НН	НН	НН
	Вестибюль лестничной клетки	14-20	НН	НН	НН
	Офис	16-22	15-21	НН	0,3
Теплый	Жилая комната, гостиничный номер	22-25	19-27	НН	0,3
	Офис	18-27	19-27	НН	<0,5

\*) НН – не нормируется.

Воздухопроницаемость наружных ограждений при определении разности давлений воздуха внутри и снаружи высотного здания учитывается в зависимости от изменения ветрового напора по высоте здания. Расчетная скорость ветра определяется по табл. 7.1.7. , приложению 7.1. [35] или табл. № 5.6 с учетом коэффициента изменения ветрового напора 4 по высоте здания, принимаемого по табл. 7.1.8., приложению 7.1. [35] или табл.5.7. с учетом результатов аэродинамических испытаний.

Таблица 5.6

Расчетная скорость ветра, м/с

Зима		Лето
Расчетная скорость ветра	Максимальная из средних скоростей ветра за январь	Расчетная скорость ветра
4,0	4,9	2,5

Таблица 5.7

Коэффициент изменения расчетной скорости ветра по высоте здания

Высота, м	Коэффициент $\xi$ при расчетной скорости ветра, м/с								
	2	2,5	3	4	5	6	7	8	10
10	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	2,3	1,8	1,8	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2
100	2,8	2,4	2,2	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2
150	3,2	2,8	2,5	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4
200	3,5	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0	1,8	1,7	1,4
250	3,8	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,5
300	3,8	3,4	3,0	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,6
350	4,0	3,4	3,0	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	1,7
400	4,0	3,4	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1	2,1	1,8
450	4,0	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2	2,2	1,8
500	4,0	3,6	3,2	2,9	2,6	2,5	2,3	2,2	1,9

Примечания к табл. 5.7.

1. Расчетные скорости ветра в табл. 5.6 и 5.7 соответствуют стандартной высоте 10 м. При определении расчетной скорости ветра на соответствующей высоте, значения скоростей ветра, приведенные в табл. 5.6. и 5.7, следует умножать на коэффициент  $\xi$ , принимаемый по табл.5.7.

2. Коэффициент  $\xi$  учитывается в формуле  $\Delta P = 0,55H(\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0,03\gamma_{ext} \cdot v^2$ , где  $v$  – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь с учетом коэффициента  $\xi$ , принимаемого по [20].

Проектирование конструкций наружных стен высотных зданий с вентилируемым фасадом выполняется по результатам теплотехнического расчета в соответствии с СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» [30], а также расчета влажностного режима стен в соответствии с «Методикой расчета влажностного режима стен с вентилируемым фасадом», приведенной в приложении 7.4. [35].

Величина нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачных наружных ограждений  $R_{req}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , в жилых помещениях при площади остекления высотного здания не более 18%, а в общественных не более 25%, принимается по СНиП 23-02-2003 [20]. Если же площадь светопрозрачных наружных ограждений превышает указанные выше значения, то нормируемое сопротивление теплопередаче  $R_{req}$  для светопрозрачных наружных ограждений окон (кроме витрин, витражей и навесных светопрозрачных конструкций), принимается не менее  $R_{req} \geq 0,56 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ . При этом приведенное сопротивление теплопередаче  $R_0$  витрин, витражей и навесных светопрозрачных конструкций принимается не менее  $R_0 \geq 0,65 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ .

Если проектом предусматриваются в качестве наружного ограждения высотных зданий светопрозрачные элементы с расчетной площадью более 50% фасада, то в таком случае выполняется технико-экономическое обоснование принимаемого решения.

В практике высотного строительства для наружных ограждающих конструкций часто применяют комплексные конструкции, состоящие из нескольких самостоятельных конструктивных слоев, каждый из которых выполняет свою функцию. Например, глухие участки наружных стен, выполненные из облегченных строительных материалов, закрываются с наружной стороны сплошным светопрозрачным ограждением. В таких случаях глухие участки наружных стен высотных зданий, расположенные за остеклением, по уровню тепловой защиты должны соответствовать требованиям пп. 7.5. и 7.6. [35]. В таких конструкциях наружных стен межстекольное пространство и пространство между каждым из конструктивных элементов наружного ограждения, проектируется с вентиляцией.

С целью обеспечения индивидуальной и общественной безопасности, проектирование окон высотных зданий, расположенных выше 75 м, выполняют из глухих неоткрываемых переплетов. Для обеспечения естественной вентиляции и проветривания помещений высотного здания выше отметки 75 м, строительными нормами допускается применение окон с открываемыми переплетами при установке светопрозрачных защитных экранов (с вентиляционными отверстиями) или окон, выдвигаемых на безопасное расстояние.

В светопрозрачных конструкциях защитных экранов, остеклении балконов (лоджий), а также в наружных слоях окон применяют закаленные стекла толщиной, соответствующей наибольшим расчетным ветровым нагрузкам. Оконные блоки с открывающимися переплетами для высотных здания проектируются с притворами класса А в соответствии с требованиями ГОСТ 26602.2-99 [54] и при этом должны отвечать требованиям нормируемого сопротивления воздухопроницанию по [20].

## **6. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

### **6.1. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Комплекс основных противопожарных требований для каждого конкретного высотного здания разрабатывается сертифицированными специалистами в ведущих проектных и научных организациях РФ. В составленных специальных технических условиях (СТУ), а также в задании на проектирование, выделяется раздел противопожарной защиты для многофункциональных высотных зданий и комплексов высотой более 50 м, а при наличии жилой части – высотой более 75 м.

С учетом специфических особенностей функционирования высотных зданий, а также требований органов Государственного пожарного надзора (ОГПН), для обоснования требуемой пожарной безопасности высотных зданий в состав СТУ включается необходимый комплекс расчетов, включая:

- расчет динамики опасных факторов пожара на фасадах для оценки возможности использования независимых лестничных клеток Н1 при эвакуации, обоснование размещения воздухозаборных устройств систем противодымовой защиты и мероприятий по защите от попадания продуктов горения в системы подпора воздуха;

- расчет параметров газовой среды и опасных факторов пожара в зоне покрытия здания для оценки возможности использования вертолетной техники с целью спасения людей, обоснование мероприятий по противопожарной защите здания, позволяющих использовать вертолетную технику для спасения людей с покрытия, а также формирование требований к средствам защиты людей, находящихся на покрытии при пожаре;

- расчет огнестойкости конструкций здания для несущей способности отдельных элементов и конструктивной системы в целом, а также возможности распространения пожара за пределы помещения очага пожара (в том числе наружу);

- расчет динамики развития опасных факторов пожара, а также временных интервалов эвакуации и спасательных работ для разработки алгоритма эвакуации, плана спасательных работ и оценки уровня безопасности людей;

- расчет зон распространения опасных факторов пожара за пределы здания, в том числе при его обрушении.

Методы перечисленного комплекса расчетов согласовываются в установленном порядке, и результаты представляются в УГПН ГУ МЧС России.

### 6.1.1. Противопожарные требования к объемно-планировочным решениям высотных зданий

С учетом функциональной пожарной опасности помещений, высотные здания разделяются на пожарные отсеки. Для разделения на пожарные отсеки по горизонтали применяются противопожарные стены, а по вертикали – используются противопожарные перекрытия или технические этажи. В качестве конструкций для противопожарных стен и перекрытий применяются прочные и негорючие материалы с соответствующим пределом огнестойкости. Пределы огнестойкости для различных конструктивных элементов приведены в табл.4.1. Конструкции технических этажей высотных зданий выделяются противопожарными перекрытиями 1-го типа. Каждый из выделенных пожарных отсеков в пределах высотного здания оснащается автономными секциями систем противопожарной защиты (СПЗ), а также объектовым пунктом пожаротушения. Современными пожарными нормами регламентируется значение наибольшей допустимой площади надземного этажа между противопожарными стенами (площадь пожарного отсека)  $A_{n.o}$ , а также предельно допустимая высота каждого пожарного отсека высотного здания  $H_{n.o}$  в соответствии с табл.6.1.

Таблица 6.1

Площади пожарных отсеков  $A_{n.o}$  и предельно допустимые  
высоты  $H_{n.o}$  пожарных отсеков надземной части высотного здания

№№ п.п.	Наименование показателей	Един. измер.	Нормативные, значения $A_{n.o}$ и $H_{n.o}$ .
1.	Площадь в здании гостиниц	$m^2$	$A_{n.o} \leq 1500$
2.	Площадь в жилых зданиях	$m^2$	$A_{n.o} \leq 2000$
3.	Площадь в остальных случаях	$m^2$	$A_{n.o} \leq 2500$
4.	Площадь стилобатной части	$m^2$	$A_{n.o} \leq 3000$
5.	Высота пожарного отсека	$m$	$H_{n.o} = \leq 50$ или 16 этажей

Назначение габаритных размеров ширины и высоты стилобатной части к высотным зданиям осуществляется из условий возможности беспрепятственного доступа пожарных с автолестниц или автоподъемников в любое помещение или квартиру с учетом технических характеристик автолестниц и автоподъемников. Проектирование многофункциональных высотных зданий предполагает размещение зальных помещений различной вместимости на различных этажах по высоте. Пожарными требованиями регламентируется вместимость (число мест) и соответствующая этому предельно допустимая высота, на которой допускается размещать зальные помещения с точки зрения своевременной и безопасной эвакуации людей при возникновении чрезвычайных ситуаций. В табл.6.2 приведены соотношения вместимости зальных помещений  $N$  и соответствующие ей предельные высоты  $H$  их расположения в составе высотного здания.

Таблица 6.2

Соотношение вместимости зальных помещений  $N$  и соответствующие ей предельные высоты  $H$  в составе высотного здания

№№ п.п.	Зальные помещения в составе высотных зданий с расчетным числом мест $N$ :	Предельно допустимая высота, на которой располагается зальное помещение $H, м$
1.	от 300 до 600 мест в зале	не более 10 м
2.	от 150 до 300 мест в зале	не более 28 м
3.	от 100 до 150 мест в зале	не более 50 м
4.	не более 100 мест в зале	более 50 м

Рестораны, кафе и другие помещения общественного назначения вместимостью более 50 человек, размещаемые в составе высотных зданий на высоте более 50 метров от уровня стоянки пожарной техники, проектируются из условий их расположения в плане на расстоянии, не превышающем 20 метров от дверей этих помещений до незадымляемой лестничной клетки.

Для безопасной эксплуатации располагаемых на эксплуатируемых кровлях высотных зданий открытых летних ресторанов, кафе, смотровых и прогулочных площадок с единовременной вместимостью более 50 человек, предусматривается не менее двух эвакуационных выходов. При этом количество людей, которые могут одновременно находиться на покрытии (эксплуатируемой кровле) не должно быть более 100.

При проектировании в составе высотных зданий помещений, рассчитанных на одновременное пребывание более 500 человек, предусматриваются мероприятия по отделению таких помещений от других смежных помещений при помощи возведения противопожарных стен и перекрытий с расчетным пределом огнестойкости строительных конструкций, приведенных в табл.4.1. Принимая во внимание нормативные требования по пределам огнестойкости строительных конструкций, приведенных в табл.4.1, регламентируется следующим.

– Наружные ограждающие строительные конструкции не должны обрушаться полностью или частично в течение периода времени, соответствующего их пределу огнестойкости.

– Потеря огнестойкости отдельных несущих строительных конструкций (в течение времени эвакуации и проведения спасательных работ), в том числе при пожарах, вызванных чрезвычайными ситуациями (ЧС) и террористическими действиями, не должны приводить к прогрессирующему обрушению; достаточность огнестойкости строительных конструкций подтверждается расчетным путем.

– Стены лестничных клеток проектируются таким образом, чтобы обрушение смежных конструкций высотного здания не привело к разрушению конструкций лестничных клеток.

– Двери, люки и другие заполнения проемов в конструкциях с нормируемыми в табл.4.1. пределами огнестойкости, проектируются противопожарными с пределом огнестойкости EI 90 для строительных конструкций, имеющих предел огнестойкости REI (EI) > 90 и ET 60 в остальных случаях.

– Двери лифтовых холлов и двери машинных помещений лифтов проектируются в дымогазонепроницаемом исполнении.

– В шахтах, предназначенных для прокладки водопроводящих инженерных коммуникаций для трубопроводов водоснабжения и канализации с применением труб из негорючих материалов, предусматриваются противопожарные двери (люки и т.д.) 2-го типа.

– Предел огнестойкости узлов пересечения трубопроводами конструкций высотного здания с нормируемой огнестойкостью проектируется равным пределам огнестойкости пересекаемых трубопроводами конструкций.

С целью предотвращения распространения пожара в высотном здании по вертикали, вдоль фасадной его части проектом предусматривается:

– в уровне противопожарных перекрытий устройство козырьков и выступов, шириной не менее 1 метра, выполненных из негорючих материалов;

– установка специальных защитных устройств на оконных проемах, которые в автоматическом режиме перекрывают их при возникновении пожара.

При наличии в составе высотного здания помещений с постоянным пребыванием инвалидов, проектом предусматривается их размещение не выше второго этажа, а инвалидов-колясочников – не выше первого этажа. Если заданием на проектирование высотного здания не ограничено нахождение инвалидов на верхних этажах, то дополнительные мероприятия, связанные с жизнедеятельностью и доступностью пожаробезопасных зон инвалидам регламентируются [26]. Пожаробезопасные зоны в соответствии с [26] проектируются в доступных для инвалидов местах, а также в технических этажах или непосредственно над ними, это подтверждается и обосновывается специальными расчетами. Атриумы в составе высотного здания проектируются в соответствии с требованиями МГСН 4.04-94 [43] и высота атриумного пространства принимается не выше нижнего надземного пожарного отсека. Помещения с высокой пожарной нагрузкой, такие как кладовые с горючими материалами, книгохранилища, архивы и т.д. площадью более 50 м<sup>2</sup> не допускается размещать: на высоте более 50 метров от земли; под помещениями, в которых находятся более 50 человек, а также смежно расположенные с этими помещениями. В пределах высотного здания недопустимо размещение взрывопожароопасных помещений (аккумуляторных и т.д.). Допускается размещение встроенных трансформаторных подстанций в высотном здании только на первом, цокольном или первом подземном этажах, но с обязательным непосредственным выходом наружу.

Встроенные трансформаторные подстанции ограждаются строительными конструкциями с пределом огнестойкости, приведенным в табл.4.1. Из условий пожарной безопасности и с учетом обеспечения необходимых технологических требований, при назначении количества проектных шахт лифтов, которые пересекают по высоте все пожарные отсеки, а также любую группу последовательно расположенных отсеков, количество лифтов принимается по принципу минимальной необходимости. Для безопасной эвакуации людей при ЧС все выходы из лифтов на каждом этаже высотного здания (кроме лифтов с выходом в вестибюль на первом этаже) проектируются через лифтовые холлы,

которые отделяются от примыкающих к ним коридоров и помещений при помощи противопожарных перегородок с огнестойкостью, значения которой приведены в табл.4.1. Конструкции лифтов для транспортирования пожарных подразделений, в составе высотных зданий, проектируются в обособленных шахтах с самостоятельными лифтовыми холлами и выходами наружу из лифтов, минуя общий вестибюль.

Для связи между подземными и надземными этажами высотных зданий предусматриваются шахты лифтов не выше первого надземного этажа. С целью своевременной и безопасной эвакуации людей из высотных зданий, каждая секция здания оснащается двумя незадымляемыми лестничными клетками с подпором воздуха до 50 Па и тамбуром, в котором также обеспечивается подпор воздуха при пожаре. При проектировании освещения лестничных клеток предпочтение отдается искусственному освещению площадок и маршей, в которых исключается возможность образования тяги воздушного потока в сторону лестницы.

Выходы из всех лестничных клеток проектируются непосредственно наружу. В составе высотного здания все незадымляемые лестничные клетки проектируются с выходом на покрытие здания. Дверные блоки для выхода на покрытие проектируются противопожарными, 1-го типа. За исключением зрелищных и других помещений с регламентируемым количеством мест в высотных зданиях, при расчете и назначении параметров путей эвакуации расчетное количество людей в здании или помещении принимают из условия увеличения в 1,25 раза против проектной вместимости.

Нормативное расстояние от дверей квартир до ближайшего эвакуационного выхода принимается не более 12 метров. Для высотных зданий эвакуационные выходы с каждого этажа проектируются в незадымляемые лестничные клетки, в которых размещаются самоспасатели в устройствах (контейнерах) автоматической раздачи. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 22.9.09-2005 все высотные здания должны быть оснащены индивидуальными средствами защиты. Количество самоспасателей определяется расчетом с учетом среднего количества посетителей, находящихся в высотном здании одновременно.

Для полноценного оснащения высотных зданий индивидуальными средствами защиты органов дыхания и зрения от опасных факторов пожара (самоспасатели), предусматривается их размещение в следующих местах:

- на рабочих местах в помещениях, расположенных на высоте более 28 м;
- в помещениях с массовым пребыванием людей в ночное время;
- в гостиничных номерах;
- в объектовых пунктах пожаротушения;
- в пожаробезопасных зонах.

Оснащение объектовых пунктов пожаротушения осуществляется в соответствии с требованиями: по индивидуальной защите людей; обеспечения средствами тушения возгораний; комплектации мобильными средствами эвакуации. Стандартный комплект оснащения приведен в табл.6.3.

Стандартный комплект оснащения объектовых пунктов пожаротушения		
№	Наименование	Колич.
1.	Огнетушители пенные	10
2.	Огнетушители порошковые	10
3.	Огнетушители газовые	10
4.	Пожарные напорные рукава длиной 20-30м	5
5.	Противогазы на сжатом воздухе	10
6.	Электрические фонари	10
7.	Самоспасатели изолирующие	10
8.	Газодымозащитный комплект ГДЗК (фильтрующий)	5
9.	Комплект средств локальной защиты (СЛЗ)	10
10.	Пневматическое прыжковое спасательное устройство (ППСУ)	2
11.	Натяжное спасательное полотно (НСП)	4
12.	Лестница выдвижная пожарная	2
13.	Лестница складная спасательная 7,5 м	4

Примечание. ППСУ, НСП, выдвижные пожарные и спасательные лестницы предусматриваются только в нижних пунктах.

Пожаробезопасные зоны в составе высотных зданий проектируются в виде специально оборудованных помещений внутри зданий или на их покрытиях и располагаются таким образом, чтобы люди, не имеющие возможности эвакуироваться на уровень земли, могли (с учетом их мобильности и физического состояния) достигнуть зоны за необходимое время эвакуации. Минимально необходимые площади пожаробезопасных зон, их вместимость и параметры системы вентиляции определяются расчетом. Ограждающие несущие конструкции пожаробезопасных зон, связанные с основным несущими конструкциями остова высотного здания, проектируются таким образом, чтобы потеря огнестойкости конструкций остова не приводила к потере огнестойкости ограждающих конструкций пожаробезопасных зон. В соответствии с табл.6.1–6.3 пожаробезопасные зоны выделяются и ограждаются противопожарными конструкциями перекрытий и стен, и проектируются соответствующими классу КО. На входах в пожаробезопасные зоны предусматриваются тамбуры, а сами зоны оборудуются индивидуальными средствами защиты и спасения людей.

### **6.1.2. Противопожарные требования к строительным и отделочным материалам высотных зданий**

Конструкция покрытия кровли высотного здания проектируется из негорючих материалов. Если проектом предусматривается устройство конструкции покрытия с использованием гидроизоляционного ковра из горючих материалов, то в этом случае по верху покрытия из горючих материалов укладывается слой из негорючего материала толщиной не менее 50 мм.

На путях эвакуации, включая: коридоры, холлы, вестибюли, фойе), а также на технических этажах (пожаробезопасных зонах) высотных зданий, отделка стен, потолков и покрытие полов проектируется из негорючих материалов. Материалы,

из которых изготовлено инженерное оборудование, предусматриваются только негорючие.

В соответствии с НПБ 257-2002, в зальных помещениях со зрительными (посадочными) местами в количестве более 50 элементов мягких кресел, шторы и занавес не должны относиться к категории легковоспламеняющихся. Независимо от количества мест в зальных помещениях, материалы кресел проектируются с классом токсичности продуктов горения не выше, чем Т2.

Принципиально важную роль в обеспечении требуемых условий по прочности, устойчивости и длительной эксплуатационной пригодности, играет фактор обеспечения огнесохранности несущих конструкций, выполненных из железобетона. Особое место в этом вопросе отводится правильному назначению толщины защитного слоя бетона в железобетонной конструкции, которая будет считаться достаточной для того, чтобы защитный слой бетона прогревался не выше  $+300^{\circ}\text{C}$  и после пожара не оказывал влияния на дальнейшую эксплуатацию конструкции. На основании экспериментально-теоретических исследований и накопленного опыта влияния пожара на железобетонные конструкции установлено, что при стандартном пожаре длительностью 180 минут или 3 часа, толщина защитного слоя бетона должна быть не менее 60 мм. Выполнение такой толщины защитного слоя приводит к контурному отслоению (отколу) бетона и оголению арматурных каркасов и сеток железобетонных конструкций при их работе от действия внешних нагрузок с формированием внутренних напряжений и деформаций. Поэтому для исключения процесса контурного отслоения (откола) защитного слоя бетона практикуется применение дополнительного армирования с применением стальной противооткольной сетки, выполненной из стержней диаметром 2–3 мм с ячейками не более 50 мм. Применение противооткольных сеток в железобетонных конструкциях способствует предотвращению взрывообразного разрушения бетона защитного слоя. Предельно допустимые значения температур  $T$ ,  $^{\circ}\text{C}$  нагрева арматурной стали различных классов А и Ат в составе ненапрягаемых железобетонных конструкций приведены в табл.6.4.

Таблица 6.4

Предельно допустимые значения температур нагрева арматурной стали различных классов в составе ненапрягаемых железобетонных конструкций

№ пп.	Наименование ненапрягаемой арматуры в железобетонной конструкции	Рекомендуемые классы арматуры	Предельно допустимая температура нагрева, $T$ , $^{\circ}\text{C}$
1.	Горячекатанная стержневая арматура	A200, A300, A400, A500	600
2.	Высокопрочная стержневая арматура	At500, At600, At800, At1000	500
3.	Высокопрочная проволочная арматура	B1000, B1500, Bp1500	400

Примечание к табл.6.4. При обеспечении условия не превышения указанных в таблице пределов температур арматуры, после ее охлаждения прочностные свойства арматурных стержней восстанавливаются.

При проектировании предварительно напряженных железобетонных конструкций высотных зданий с нормированным защитным слоем бетона температура  $T, ^\circ\text{C}$ , нагрева напрягаемой арматурной стали при пожаре, во избежание потерь предварительного напряжения регламентируется значением, не превышающим  $T \leq +100^\circ\text{C}$ . Для максимально возможного удаления продольной рабочей арматуры в поперечном сечении железобетонных колонн от нагреваемой поверхности, при расчетном количестве арматуры более 4-х стержней, часть продольных стержней из условий целесообразности размещается около ядра поперечного сечения колонны. Такой подход к решению задачи по огнесохранности железобетонных конструкций не всегда технически оправдан, потому что часть рабочей продольной арматуры, расположенной около ядра поперечного сечения колонны, нагружается растягивающими напряжениями не полностью. Поэтому практикуется при всех прочих равных условиях проектирование железобетонных колонн большего поперечного сечения с меньшим процентом армирования вместо колонн меньшего поперечного сечения с большим процентом армирования, так как первые лучше сопротивляются огневому воздействию. Повышению уровня огнесохранности железобетонных конструкций остова высотных зданий также способствуют следующие конструктивно-технологические решения и огнезащитные мероприятия:

- предпочтение отдается конструкциям балок и колонн с жесткой арматурой, располагаемой в средней части поперечного сечения несущего элемента (рис.3.16–3.18,3.23–3.24), по отношению к аналогичным железобетонным конструкциям, армированным стержневой арматурой, расположенной около обогреваемой поверхности;

- в железобетонных конструкциях несущих балок, в которых проектируется арматура разного диаметра и разного уровня ее расположения в поперечном сечении по отношению к боковой поверхности, арматурные стержни большего диаметра располагают дальше (глубже) от обогреваемой поверхности при пожаре, чем арматурные стержни меньшего диаметра;

- при выборе и назначении геометрических размеров в поперечном сечении железобетонных конструкций балок, предпочтение отдается широким и невысоким балкам, нежели узким и высоким балкам. Из условий гарантированной надежности, в качестве основной рабочей арматуры применяется более двух стержней, при этом часть основной арматуры размещается во втором ряду, с максимально возможным удалением ее от обогреваемой поверхности;

- проектирование конструкций железобетонных плит осуществляется с учетом исключения возможного процесса выпучивания продольной арматуры при ее нагреве во время пожара. Во избежание выпучивания арматуры предусматривается конструктивное армирование хомутами и поперечными стержнями;

- из условий общей огнесохранности остова высотных зданий, проектируемых из железобетонных конструкций, предпочтение отдается преднапряженным балочным и плитным конструкциям по отношению к предварительно напряженным аналогичным конструкциям;

– с целью исключения взаимовлияния железобетонных конструкций балок друг на друга, а также балок на стены за счет процесса линейного и объемного удлинения, в местах их опор, при огневом воздействии, предусматривается зазор «а» в торцевой части примыкающих конструкций, принимаемый по условию:  $a \geq 0,05l_b$ , где  $a$  – ширина зазора,  $l_b$  – пролет железобетонной балки;

– по требованиям огнесохранности, полости температурных швов заполняются негорючими волокнистыми материалами (минераловата, стекловата и др.). Расчетная ширина температурного шва « $a_{ми}$ » принимается по условию:  $a_{ми} \geq 0,0015L$ , где  $a_{ми}$  – ширина температурного шва,  $L$  – расстояние между температурными швами.

### 6.1.3. Вентиляционные системы и противоподымная защита высотных зданий

В высотных зданиях системы вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления проектируются отдельными, для групп помещений, размещаемых в пределах одного пожарного отсека. Принципиальная схема системы вентиляции высотного жилого дома с различными конструкциями стен приведена на рис.6.1. В пределах каждого из пожарных отсеков проектируются помещения для размещения вентиляционного оборудования.

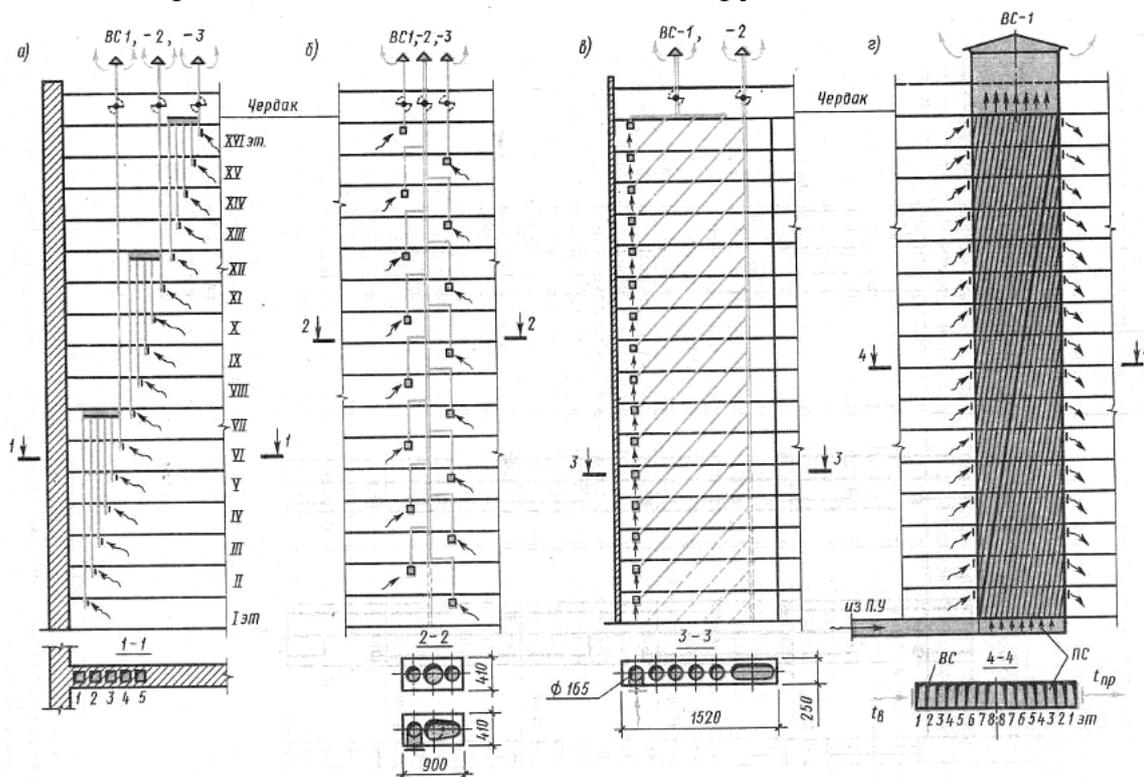


Рис.6.1. Принципиальная схема вентиляции высотного жилого здания:

*а* – система индивидуальных вентиляционных каналов в кирпичной кладке стены; *б* – вертикальные каналы-спутники в стеновых бетонных блоках; *в* – наклонные каналы-спутники в бетонных панелях; *г* – вентиляционный блок с приточными и вытяжными каналами конструкции ЛенЗНИИЭПа; ВС – вытяжная система; ПУ – приточная установка

Систему противодымной защиты в высотных зданиях проектируют для обеспечения безопасной эвакуации людей, а также их защиты в пожаробезопасных зонах при возникновении пожара в одном из помещений. Вместе с тем, функционирование проектной противодымной защиты обеспечивает создание необходимых условий для пожарных подразделений при проведении работ по спасению людей, обнаружению и тушению очага пожара.

Вентиляторы для удаления продуктов горения проектируют с размещением в отдельных помещениях, выгороженных противопожарными перегородками 1-го типа. Удаление газов и дыма после пожара из помещений, защищаемых автоматическими установками газового и порошкового пожаротушения, проектируется с механическим побуждением из нижней и верхней зон помещений и с компенсацией удаляемого объема газов и дыма приточным воздухом.

#### **6.1.4. Автоматическая пожарная сигнализация**

На основе адресных и адресно-аналоговых технических средств в высотных зданиях проектируют автоматическую систему пожарной сигнализации (АПС). Для восприятия и передачи сигнала о пожаре на пульт управления применяются автоматические пожарные извещатели, которые устанавливаются во всех помещениях высотного здания, включая квартиры жилых зданий; офисы; коридоры; лифтовые холлы; фойе; вестибюли; технические помещения, за исключением помещений с мокрыми процессами. Приборы управления АПС предназначены для обеспечения:

- реализации поэтажного и позонного алгоритмов управления автоматическими системами противопожарной защиты;
- визуального контроля данных о срабатывании элементов автоматических систем противопожарной защиты в пределах помещения, зоны, пожарного отсека и здания в целом;
- контроля и повременной регистрации данных о срабатывании элементов автоматических систем противопожарной защиты, а также возможности документального оформления этих данных в виде распечаток;
- передачи информации о пожаре на службу 01 по радиоканалу.

Для всего высотного здания проектируется единая адресно-аналоговая система автоматической пожарной сигнализации, которая имеет резерв возможности наращивания системы.

#### **6.1.5. Противопожарный водопровод и автоматические установки пожаротушения**

Сети и агрегаты внутреннего противопожарного водопровода высотного здания проектируются отдельными, с самостоятельной насосной станцией для каждого здания. В зависимости от функционального назначения помещений высотного здания, расход воды на внутреннее пожаротушение в каждом пожарном отсеке проектируется следующим образом: для помещений общественного назначения расход воды на внутреннее пожаротушение составляет

8 струй, по 5 л/с каждая; для жилых помещений – не менее чем 4 струи, по 2,5 л/с каждая.

Подключение системы противопожарного водопровода, служащего для подачи огнетушащего вещества в системы, и автоматических установок пожаротушения к передвижной пожарной технике, с наружной стороны здания предусматриваются по два стальных патрубка с соединительными головками диаметром 80 мм. Места расположения, с выведенными наружу здания соединительными головками, предусматриваются таким образом, чтобы к ним был обеспечен свободный и удобный проезд для пожарных автомобилей с обозначением световыми указателями и пиктограммами. В соответствии с требованиями НПБ 110-03 [55] помещения, холлы, пути эвакуации и т.д. высотных зданий оборудуются водяными автоматическими установками пожаротушения (АУПТ), которые выполняют зонами, разделенными по вертикали. С учетом проектных карт и эпюр орошения, в зданиях осуществляется размещение оросителей, которые предназначены для обеспечения защиты оконных проемов (снаружи и изнутри помещений), а также данных проемов квартир, офисов и других помещений, выходящих в коридор. Интенсивность орошения для автоматических систем пожаротушения (АСП) предусматривается не менее 0,08 л/с·м<sup>2</sup>. Нормативный расход воды для спринклерных систем пожаротушения принимается не менее 10 л/с. В верхней части каждой защищаемой зоны (пожарного отсека), как правило на техническом этаже, в качестве автоматического водопитателя устанавливается гидропневмоблок объемом не менее 3 м<sup>3</sup>. С целью обеспечения локальной борьбы с пламенем, в каждой квартире высотного здания предусматриваются краны для устройства внутриквартирного пожаротушения.

#### **6.1.6. Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ)**

Проектирование системы оповещения и управления эвакуацией из высотных зданий производится в соответствии с требованиями НПБ 104-03 [56], где приведена регламентация по типам СОУЭ в зависимости от функционального назначения высотных зданий и их высоты, в том числе:

- для пожарных отсеков с жилыми помещениями в зданиях высотой от 75 до 150 м – не ниже 3-го типа;
- для пожарных отсеков с жилыми помещениями в зданиях высотой более 150 м – не ниже 4-го типа;
- для пожарных отсеков с помещениями общественного назначения в зданиях высотой до 150 м – не ниже 4-го типа;
- для пожарных отсеков с помещениями общественного назначения в зданиях высотой более 150 м – не ниже 5-го типа.

Основными признаками функционирования СОУЭ являются:

- подача звукового сигнала оповещения, причем в квартиры и гостиничные номера в ночное время звуковой сигнал должен подаваться аналогичным сигналу будильника;
- подача светового сигнала оповещения с указанием свободного пути эвакуации в каждую квартиру, офис, гостиничный номер;

– обеспечение двусторонней связи квартир, гостиничных номеров и офисов с постом-диспетчерской.

### **6.1.7. Принципы обеспечения спасательных работ и пожаротушения высотных зданий**

Выполнение спасательных работ при пожаре в высотных зданиях предполагает осуществление весьма сложного технического и организационного комплекса мероприятий, включая:

- устройство лифтов для транспортирования пожарных подразделений;
- устройство наземных вертолетных площадок (см. раздел 6.3.);
- устройство площадок для спасательных кабин вертолетов на покрытии высотного здания (см. раздел 6.3.);
- устройство пожаробезопасных зон (см. раздел 6.3.);
- оснащение высотных зданий индивидуальными и коллективными средствами спасения (см. раздел 6.3.);
- устройство объектовых пунктов пожаротушения (ОПП).

В пределах каждого пожарного отсека высотного здания проектируются объектовые пункты пожаротушения (ОПП), которые располагаются в нижних этажах пожарного отсека. ОПП, запроектированные на первых этажах пожарного отсека высотного здания, располагаются смежно с помещениями, предназначенными для центрального пункта управления (ЦПУ СПЗ). В тех случаях, когда объектовые пункты пожаротушения предусматриваются в пределах вышележащих пожарных отсеков здания, они размещаются на расстоянии, не превышающем 30 метров от незадымляемых лестничных клеток или пожарного лифта. Стандартный комплект оснащения объектовых пунктов пожаротушения приведен в табл.6.3.

В разделе проекта на обеспечение противопожарной безопасности высотных зданий и сооружений разрабатывается и согласовывается со службой пожаротушения комплекс организационно-технических мероприятий с составлением оперативных планов пожаротушения для стадии строительства и эксплуатации высотного здания. В составленных и оформленных соответствующим образом оперативных планах пожаротушения учитывается каждый из этапов возведения высотного здания, включая периоды, в которые система противопожарной защиты временно неработоспособна. В современных условиях комплексного подхода к вопросам пожарной безопасности высотных зданий практикуется комплектование пожарных депо, обслуживающих здание или сооружение техникой и средствами в полном соответствии с оперативными планами пожаротушения. Для обеспечения условий постоянной пожарной безопасности высотных зданий, на периоды временной неработоспособности основных систем противопожарной защиты проектом предусматриваются дополнительные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. В состав оперативных планов пожаротушения в систему противопожарной защиты также включается комплекс мероприятий по защите от криминальных действий.

Системы стальных сухотрубов диаметром 80 мм со спаренными пожарными кранами на каждом этаже, предназначенные для пожаротушения высотных

зданий, размещаются в пределах незадымляемых лестничных клеток, оборудуются на первом этаже стальными патрубками для подключения водяных насосов высокого давления пожарных автомобилей.

## 6.2. ПРОЕЗДЫ И ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Для обеспечения противопожарных требований к высотным зданиям (ВЗ), предусматривается возможность свободного проезда пожарных машин со всех сторон здания, в том числе к основным эвакуационным выходам из зданий и к выходам, ведущим к лифтам для пожарных подразделений. Проектирование, возведение и эксплуатация ВЗ осуществляется с учетом доступа пожарных подразделений с автолестниц или автоподъемников в любое помещение или квартиру с учетом технических характеристик автолестниц и автоподъемников, а также ширины и высоты стилобатной части здания. В соответствии с [36], ширина проездов для пожарной техники должна проектироваться не менее 6 метров. При проектировании тупиковых проездов предусматриваются разворотные площадки размерами в плане, не менее 15x15 м. Подъезды и проезды для пожарной техники автолестниц и автоподъемников проектируются в соответствии с [10] и принимаются, как автомобильные дороги, не ниже IV категории, причем уклон в местах установки автолестниц и автоподъемников принимается не более 6°. Нормируемая величина радиусов поворота проездов для пожарных машин принимается не менее 18 м. Несущая способность грунта основания под дорожным полотном пожарного проезда, а также конструкции дорожного полотна в месте установки основания выдвижной опоры пожарной техники (в том числе с подкладкой под опору) принимается из условия непревышения давления более 0,6 МПа (6 кгс/м<sup>2</sup>).

При отводе земельного участка под размещение проектируемого ВЗ, в соответствии с заданием органа Государственного пожарного надзора ГПН и на основании оперативного плана пожаротушения, предусматриваются площадки для оперативных транспортных средств, привлекаемых для пожаротушения и спасательных работ. Пожарные проезды и подъездные пути, площадки для оперативных транспортных средств обозначаются с помощью хорошо различимой в любое время суток специальной пожарной разметки (за счет покраски бордюрных камней проездных путей в красный цвет устойчивой светоотражающей краской, а также устройства специальных дорожных знаков).

## 6.3. ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ КАБИН И ВЕРТОЛЕТОВ

В условиях чрезвычайных ситуаций экстренная эвакуация людей верхних этажей высотных зданий осуществляется с уровня расположения площадок для спасательных кабин вертолетов (капсулы, платформы и др.) и площадок для посадки вертолетов, размещаемых на покрытии высотных зданий. Расчетное количество этих площадок зависит от общей площади покрытия и назначается из условия одной площадки для спасательных кабин размером не менее 5x5 м, на каждые полные и неполные 1000 м<sup>2</sup> площади кровли высотного здания.

Для эвакуации людей через кровлю со спасательной площадкой, выполняется дополнительный выход на кровлю, имеющую ограждение высотой 1,5 м. Металлическое ограждение по периметру кровли выполняется для обеспечения защиты людей от индуктивного воздушного потока несущих винтов вертолета.

Площадки проектируют ровными и размещают в центре кровли с обозначением периметра по его контуру нанесением несмываемой желтой краски полосой, шириной 0,3 м. Максимально допустимый наклон площадок к горизонту не должен превышать  $8^{\circ}$ . Над площадками и в непосредственной близости от них не должны располагаться антенны, электрооборудование, кабели и т.п. В радиусе 10 м от центра площадки исключается расположение вертикальных препятствий высотой более 3 м от уровня поверхности площадки. При сборе грузов на покрытие высотных зданий с площадками для спасательных кабин вертолетов, принимается нагрузка из расчета веса кабины 2500 кг, удельной нагрузки до  $2,5 \text{ кг/см}^2$ . При применении варианта для спасения и эвакуации людей с кровли высотных зданий с использованием пожарных вертолетов, забирающих людей непосредственно с покрытия, применяются посадочные площадки, размером в плане не менее 20 x 20 м. Посадочная площадка для пожарных вертолетов располагается на расстоянии не менее 30 м от ближайшего выступа стены и не менее 15 м от края покрытия. При сборе грузов на покрытие с площадками для посадки пожарных вертолетов учитываются статические и динамические нагрузки, принимаемые по табл.6.5.

Таблица 6.5

Статические и динамические нагрузки на покрытие с площадками для посадки пожарных вертолетов

№ пп.	Тип (марка) пожарного вертолета	Нормативные значения нагрузок $N$ , кН (тонн)	
		статическая	динамическая
1.	Вертолет класса К-32	110 (11)	220 (22)
2.	Вертолет класса МИ-17	120 (12)	240 (24)

Конструкция вертолетной площадки на кровле проектируется с металлическим поддоном, имеющим глухой парапет, высотой не менее 0,1 м (из условия возможной аварийной ситуации с вертолетом), а также решетчатое ограждение, высотой не менее 0,9 м.

Площадка оборудуется стационарной автоматической установкой пенного пожаротушения по площади, в режиме: с расчетным временем работы установки не менее  $t=10$  минут; при заполнении объема поддона  $V=20 \times 20 \times 0,1 \text{ м}^3$ ; в течение  $t=1,5$  минуты. По периметру кровли высотного здания с конструкцией вертолетной площадки предусматривается решетчатое ограждение, высотой не менее 1,2 м.

Для людей, спасаемых при помощи вертолетной техники, на расстоянии не более 500 м от зданий, с покрытия которых осуществляется спасение людей с помощью вертолетов и спасательных кабин, предусматриваются наземные вертолетные площадки, которые должны использоваться только по прямому

назначению. Нормируемый размер площадки в плане проектируется не менее 20 x 20 м. Расстояние по горизонтали от наземной вертолетной площадки до ближайшего здания принимается не менее 30 м. По отношению к прилегающей территории уровень наземных вертолетных площадок выполняется возвышенным на 0,3 м. Должно быть ограждение из стационарного барьера.

С целью обеспечения безопасной работы пожарных вертолетов, в зоне размещения наземных площадок и возможных направленных маневров вертолетов не должно быть деревьев, опор освещения, проводов и т.д.

К наземной вертолетной площадке предусматривается не менее 2-х подъездов для машин скорой медицинской помощи. При сборе нагрузок на конструкцию наземной площадки для посадки пожарных вертолетов, учитываются статические и динамические нагрузки от вертолетов по табл.6.6

Таблица 6.6

Нормативные значения равномерно распределенных временных нагрузок на перекрытия, покрытия и лестницы высотных зданий и сооружений

№ пп.	Здания и помещения	Нормативные значения нагрузок $q$ , кПа ( $кг/м^2$ )	
		полное	пониженное
1.	Квартиры жилых зданий; спальные помещения детских дошкольных учреждений; жилые помещения гостиниц; террасы.....	1,5 (150)	0,3 (30)
2.	Служебные помещения административного, инженерно-технического персонала организаций и учреждений; офисы; учебные помещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) общественных зданий.....	2,0 (200)	0,7 (70)
3.	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения; лаборатории учреждений просвещения; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.); подвальные помещения.....	Не менее 2,0 (200)	Не менее 1,0 (100)
4.	Технические этажи.....	Не менее 10,0 (1000)	Не менее 4,0 (400)
5.	Залы:		
	а) читальные.....	2,0 (200)	0,7 (70)
	б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых).....	3,0 (300)	1,0 (100)
	в) собраний и совещаний, спортивные, танцевальные, фитнес-центры, бильярдные и т. п..	4,0 (400)	1,4 (140)

	г) торговые, выставочные, экспозиционные....	Не менее 4,0 (400)	Не менее 1,4 (140)
6.	Торговые склады.....	Не менее 5,0 (500)	Не менее 1,8 (180)
7.	Книгохранилища.....	Не менее 5,0 (500)	Не менее 5,0 (500)
8.	Чердачные помещения.....	0,7 (70)	–
9.	Покрытия на участках: а) с возможным скоплением людей..... б) используемых для отдыха..... в) прочих.....	4,0 (400) 1,5 (150) 0,7 (70)	1,4 (140) 0,5 (50) –
10.	Балконы (лоджии) с учетом нагрузки: а) полосовой равномерной на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения балкона (лоджии)..... б) сплошной равномерной на площади балкона (лоджии), воздействие которой неблагоприятнее, чем определяемое по позиции 10а.....	4,0 (400) 2,0 (200)	1,4 (140) 0,7 (70)
11.	Вестибюли, фойе, коридоры (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях: а) 1, 2 и 3..... б) 5, 6, 7; вестибюли, фойе и коридоры 1-го этажа..... в) лестницы и выходы.....	3,0 (300) 4,0 (400) 5,0 (500)	1,0 (100) 1,4 (140) 1,8 (180)
12.	Подземные автостоянки.....	Не менее 3,5 (350)	Не менее 1,5 (150)
13.	Карнизы.....	1,4 (140)	–

#### Примечания к табл.6.6.

1. Нагрузки, указанные в позиции 10, следует учитывать при расчете несущих конструкций балконов, лоджий и участков стен в местах опирания этих конструкций. При расчете нижележащих участков стен, фундаментов и оснований, нагрузки на балконы и лоджии следует принимать на примыкающие основные помещения здания и снижать их с учетом указаний пп. 3.8 и 3.9 [5].

2. Нормативные значения нагрузок для зданий и помещений, указанные в позициях 3, 4, 5(в, г), 6, 7, 9а, 12, следует принимать по заданию на проектирование на основании технологических решений.

3. Для вышеприведенной табл.6.6 следует принимать коэффициенты надежности по нагрузкам  $\gamma_f$  согласно п. 3.7 [5].

## **7. ЛИФТЫ И ЛИФТОВЫЕ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Проектирование систем вертикального транспорта людей и оборудования высотных зданий осуществляется с учетом комплекса требований, включая: конструктивные; противопожарные; эвакуационные; социально-медицинские; санитарно-гигиенические; экологические. Вначале производится расчет для обоснования и назначения места расположения лифтов в пределах плана высотного здания, требуемого числа лифтов, грузоподъемности и скорости перемещения лифтов по вертикали, для каждой из групп лифтов по их функциональному назначению. По своему функциональному назначению лифты и лифтовые системы, применительно к высотным зданиям, классифицируются следующим образом: пассажирские; грузовые; для пожарных подразделений; специальные.

Объемно-планировочный элемент здания, содержащий лифты, шахты, машинные помещения (при их наличии), а также лифтовые холлы (посадочные площадки) образует лифтовую систему, компактно сблокированную в одном месте высотного здания (рис.7.1).

Лифтовая система здания располагается в непосредственной близости от внутренних эвакуационных лестниц и таким образом формируется лестнично-лифтовый узел (ЛЛУ). Лестнично-лифтовый узел в высотных зданиях составляет ядро пространственной жёсткости и выполняет исключительно важную конструктивную функцию по обеспечению требуемой устойчивости остова. Это накладывает на ЛЛУ дополнительные объемно-планировочные и конструктивные требования. Расстояние на этажах от дверей крайних жилых помещений до дверей лифтового холла проектируется не более 60 м (рис.7.1).

Из условия рационального выбора конструктивной и расчетной схем приложения симметричной или близкой с симметричной нагрузки от остова здания на фундамент, ядро жесткости с ЛЛУ целесообразно размещать в центре плана высотного здания (рис.7.2 *а,б,в*; 7.4) или со смещением к наружным стенам с симметричным расположением двух ЛЛУ (рис.7.2*г*).

С целью снижения перемещений горизонтальной деформации и податливости от действия ветровой и сейсмической нагрузки на ядро жесткости с ЛЛУ, при проектировании верхней части конструкций ядер жесткости целесообразно выполнять рамы с жесткими узлами в пределах верхнего технического этажа здания (рис.7.2 *д, е*).

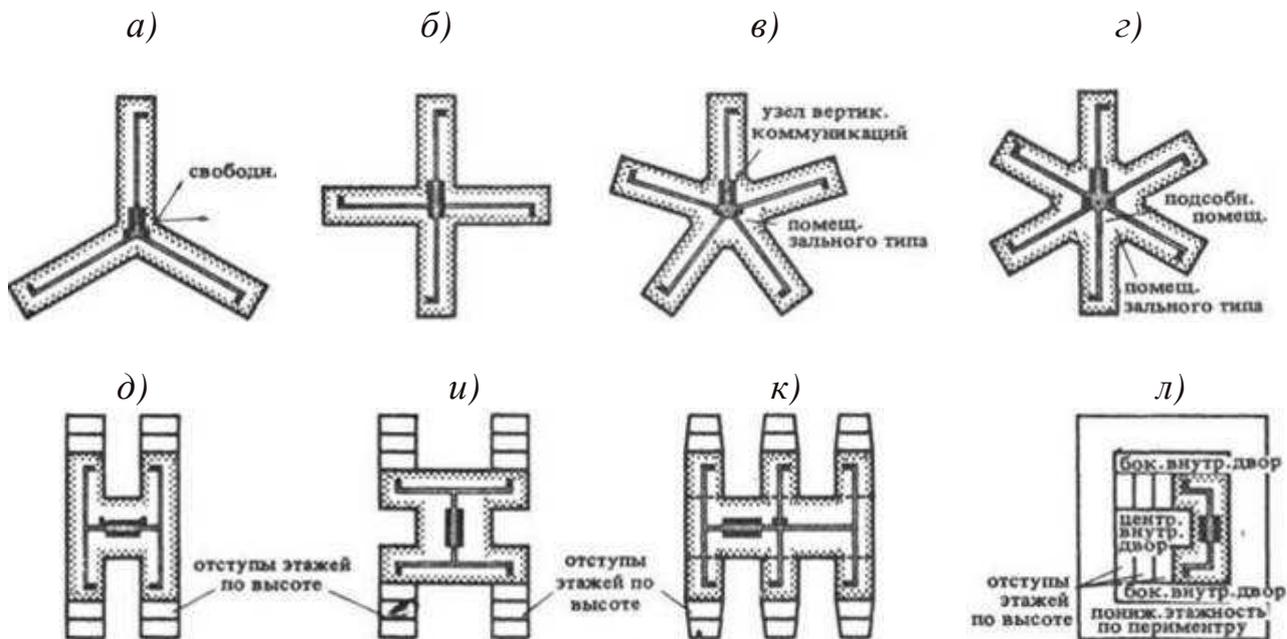


Рис.7.1. Схемы с возможными местами расположения лестнично-лифтовых узлов ЛЛУ высотных зданий со сложной в плане формой планировочных решений: *а* – здание-трилистник, при эффективном использовании центрального узла ЛЛУ и вертикальных коммуникаций сохраняется возможность свободного расположения крыльев здания; *б* – здание крестообразной формы в плане позволяет использовать ЛЛУ и узел коммуникаций эффективнее, чем в здании пятилучевом; *в* – пятилучевое в плане здание со срезанными входящими углами, к которым целесообразно примыкание более крупных помещений; *г* – шестилучевое в плане здание (максимальное число лучей для зданий звездообразной формы) с просторными, частично искусственно освещенными помещениями в его центральной части с ЛЛУ; *д* – Н-образное в плане здание с соединительным центральным блоком с ЛЛУ, уборными, гардеробами; *и* – Н-образное в плане здание со ступенчатыми пристройками, где ЛЛУ и подсобные помещения расположены в центральной части здания; *к* – зубчатое в плане здание и ступенчатыми поперечными блоками; *л* – П-образная башенная часть здания, устроенная между двумя дворами, образованными вследствие застройки участка по периметру; нижняя и башенная части здания имеют общий сквозной узел ЛЛУ и вертикальных коммуникаций

Особое значение при проектировании ЛЛУ имеет выбор размеров лифтового холла. Наиболее распространенное решение в высотных зданиях – это размещение системы лифтов с разным их функциональным назначением, рядами напротив друг друга.

В мировой практике в одном лифтовом холле располагают не более 8 пассажирских лифтов, расположенных по четыре напротив друг друга. В составе лестнично-лифтового узла или «транспортного узла» возможно размещение санитарных узлов, технических, служебных и вспомогательных помещений, шахт для прокладки внутренних инженерных коммуникаций. Согласно проектному решению зоны обслуживания 17 лифтов, размещенных в ядре жесткости одного высотного здания, распределились по блокам, ярусам и этажам по представленной на рис.7.3 схеме, в том числе: лифты ПЛ1-ПЛ6 для обслуживания

нижних этажей; лифты ПЛ7–ПЛ12 для средних этажей; лифты ПЛ13–ПЛ17, обслуживающие верхние этажи высотного здания. Варианты схем планов ядер жесткости с набором возможных помещений в составе ЛЛУ приведены на рис.7.3 и 7.4.

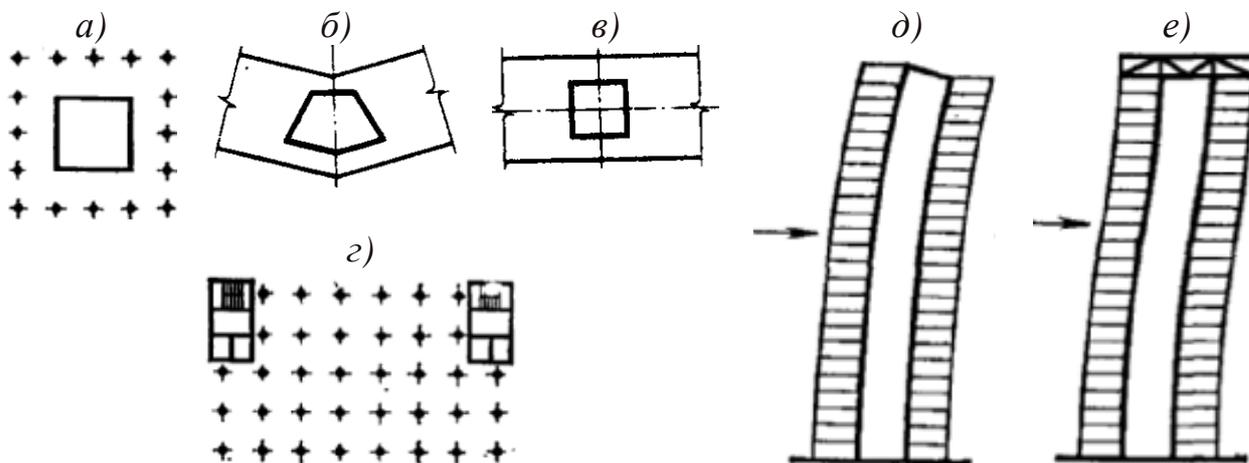


Рис. 7.2. Схематичные планы каркасно-ядровых зданий с рациональным расположением ядер жесткости с лестнично-лифтовыми узлами в плане: а, б, в – варианты возможных планировочных решений ядер жесткости с ЛЛУ; г – схема здания с двумя симметрично расположенными в плане ядрами жесткости с ЛЛУ; д – характерные схемы деформации каркасно-ядрового остова высотного здания с ядром жесткости при отсутствии элементов жесткой рамы в пределах верхнего технического этажа; е – то же, при наличии жесткой рамы

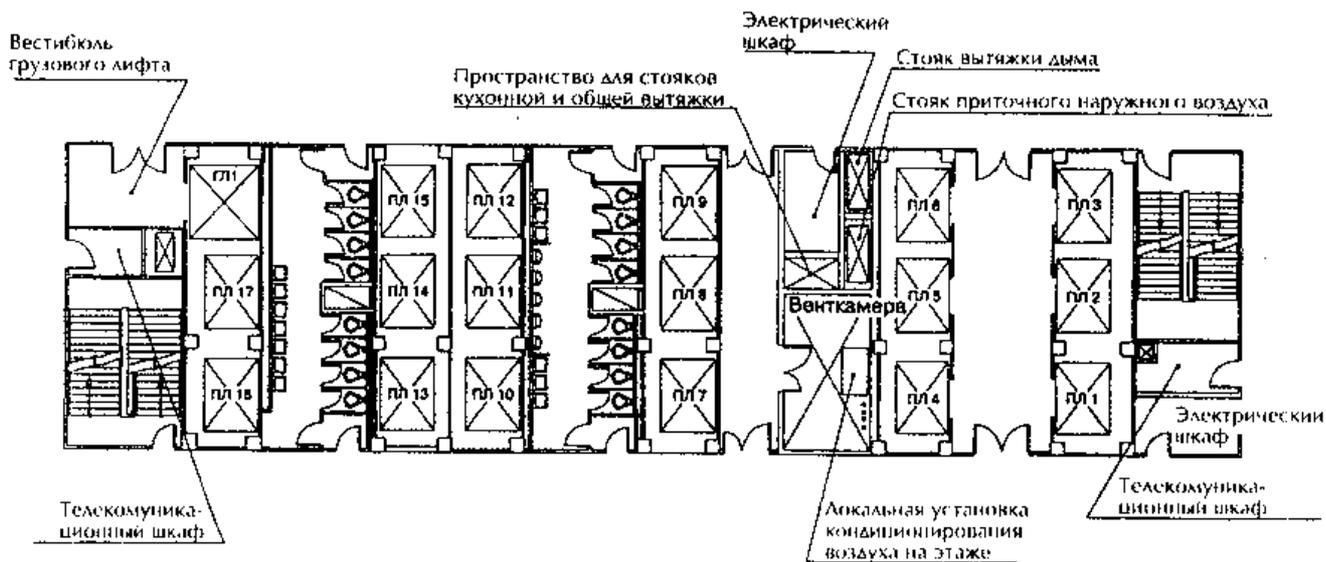


Рис.7.3. Схемы типичного плана ядра жесткости высотных зданий с набором возможных помещений в составе ядра жесткости

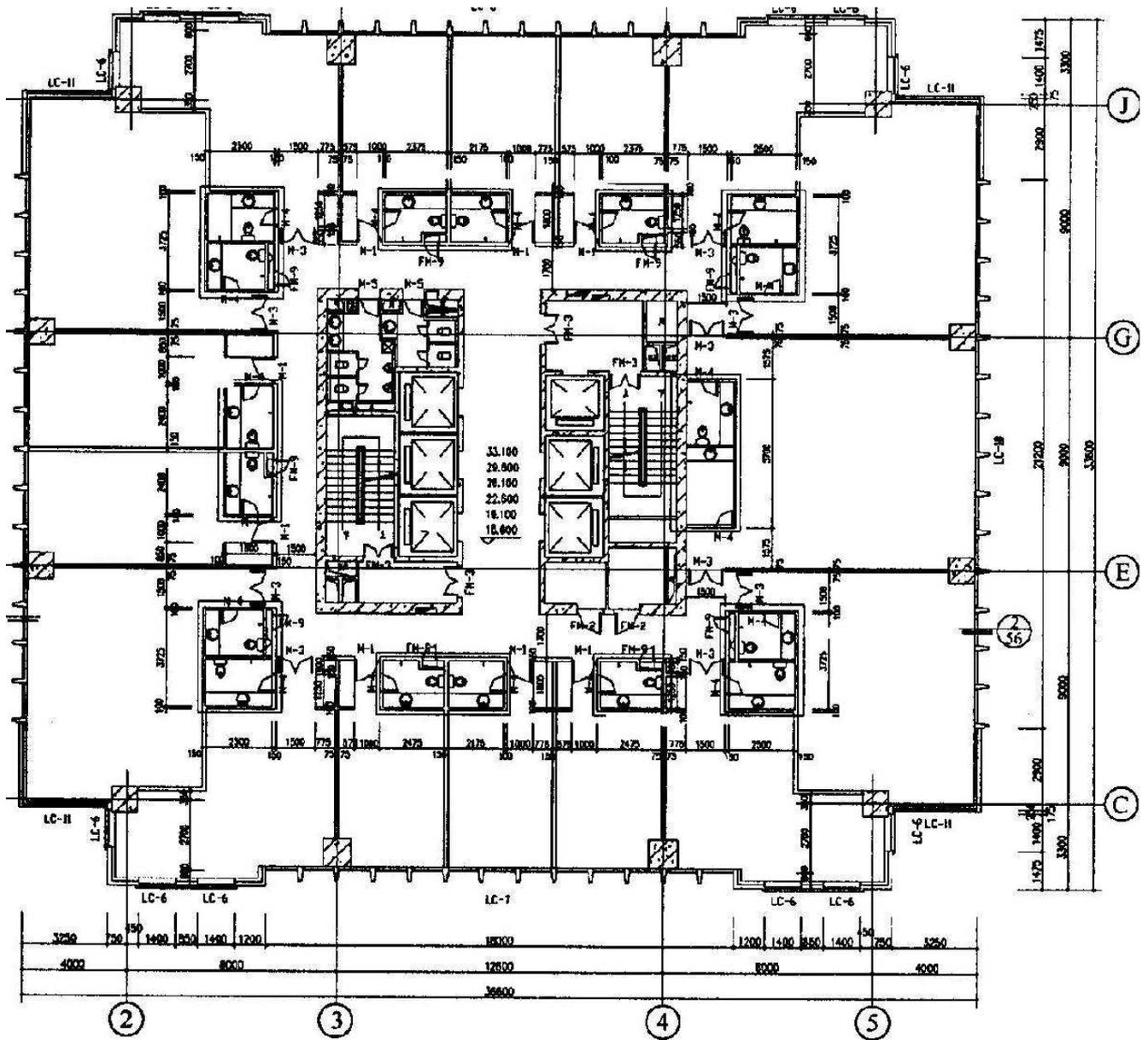


Рис.7.4. Схемы типичного этажа плана высотного здания с центральным ядром жесткости с набором разрешенного комплекта возможных и вспомогательных помещений в составе ядра жесткости

Еще одним примером рационального и эффективного использования ЛЛУ в высотном здании многофункционального назначения является объект, приведенный на рис.7.5. Здесь в каркасно-ядровой конструктивной схеме значительную долю площади (около 40%) этажей высотной части занимает ЛЛУ, в котором размещены лифты, лестницы, технологические каналы инженерных систем и коммуникаций, технические помещения, атриумные пространства и т.д.

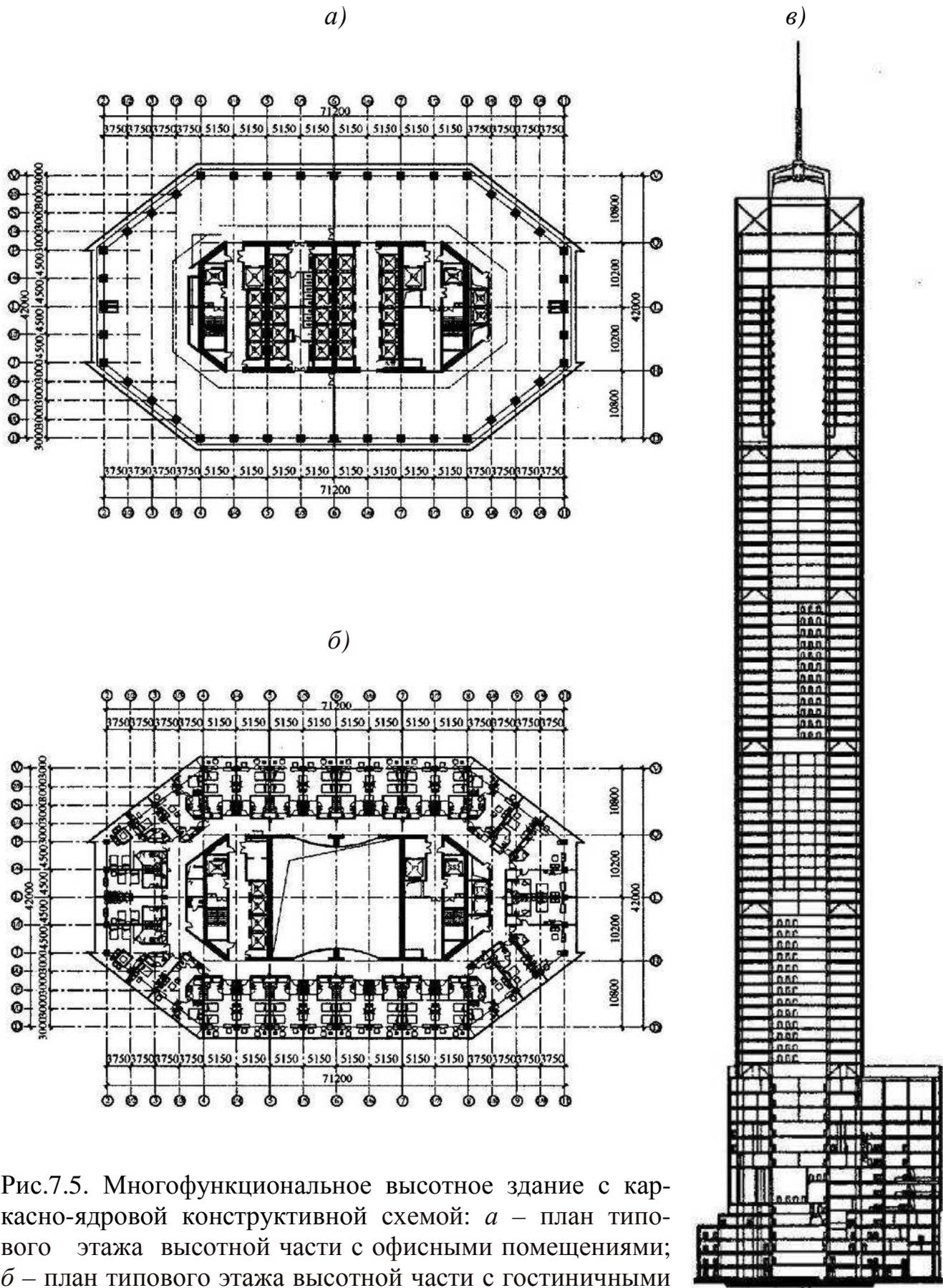


Рис.7.5. Многофункциональное высотное здание с каркасно-ядровой конструктивной схемой: а – план типового этажа высотной части с офисными помещениями; б – план типового этажа высотной части с гостиничными номерами; в – поперечный разрез

## 7.1. СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

На основании отечественных нормативных документов, в частности пп. 10.1 приложения 10 [36] предписывается, что для достижения номинальной комфортности в обслуживании пассажиров рекомендуется применение одной группы пассажирских лифтов, обслуживающих все этажи; количество лифтов принимается не более 6. В один ряд обычно располагают не более 4 лифтов. Такое решение предопределено следующими двумя технико-эксплуатационными причинами, в том числе: системы группового управления лифтами не позволяют объединять более 8 лифтов; не обеспечивается транспортная целесообразность и условия безопасности.

Провозная способность лифтов в большой степени определяется затратами времени, которые связаны со стоянкой лифта на этаже для входа/выхода пассажиров. Это время зависит от ширины дверного проёма кабины и шахты, а также от времени перемещения пассажиров с места стоянки на этаже до дверей кабины. При ширине проема кабины и шахты менее 1000 мм входить/выходить можно по 1 человеку, при ширине 1000 мм и более – одновременно по 2 человека. Чем шире и длиннее лифтовый холл, тем больше времени потребуется для перемещения к кабине. Как показали расчеты при двухрядном расположении лифтов с шириной проема 1000 мм и более, по 3 или 4 лифта в ряд, ширина лифтового холла не должна превышать 5,0 м, что соответствует требованиям [25].

Важным стимулом к интенсивному развитию высотного строительства явилась предложенная в начале XIX века Э. Отисом (Нью Йорк, США) первая конструкция вертикального лифта после появления каркасных зданий. Оборудование зданий одним лифтом практикуется только в зданиях небольшой этажности. Высотность требует расчетного числа большой грузоподъемности и вместимости, при этом они должны быть обозреваемы и быстродоступны из одного холла. Поэтому необходимо предусматривать несколько групп лифтов и соответственно лифтовых холлов, при этом лифты проектируются обычные и скоростные.

В первых высотных зданиях схема организации вертикального транспорта была достаточно простой, где лифтовые шахты располагались по всей высоте здания и лифты обслуживали все этажи. После того, как высота зданий стала достигать 30 этажей и выше, потребовалось новое решение, поскольку существующая схема уже не обеспечивала приемлемое время перемещения (из-за долгого времени ожидания и т.д.). Именно тогда была разработана схема, ставшая классической, когда в здании выделяется главный посадочный этаж (чаще всего это первый этаж высотного здания), и все лифты разделяются на группы, обслуживающие только часть этажей. Например, первая группа обслуживает этажи с 1-го по 20-й включительно; вторая группа – с 21-го по 40-й включительно, а зону со 2-го по 20-й этаж лифтовые кабины этой группы проходят транзитом, без остановок (так называемая «слепая» зона). Это позволяет реализовать преимущество высокой скорости движения лифтовых кабин, и чем

выше обслуживаемая зона, тем с большей скоростью кабины могут проходить «слепую» зону.

Представленный на рис. 7.6 вариант типичной схемы лестнично-лифтового узла (ЛЛУ) в составе ядра жесткости характерен тем, что он включает три группы сблокированных лифтов разного функционального назначения, разделенных по высоте на ярусы.

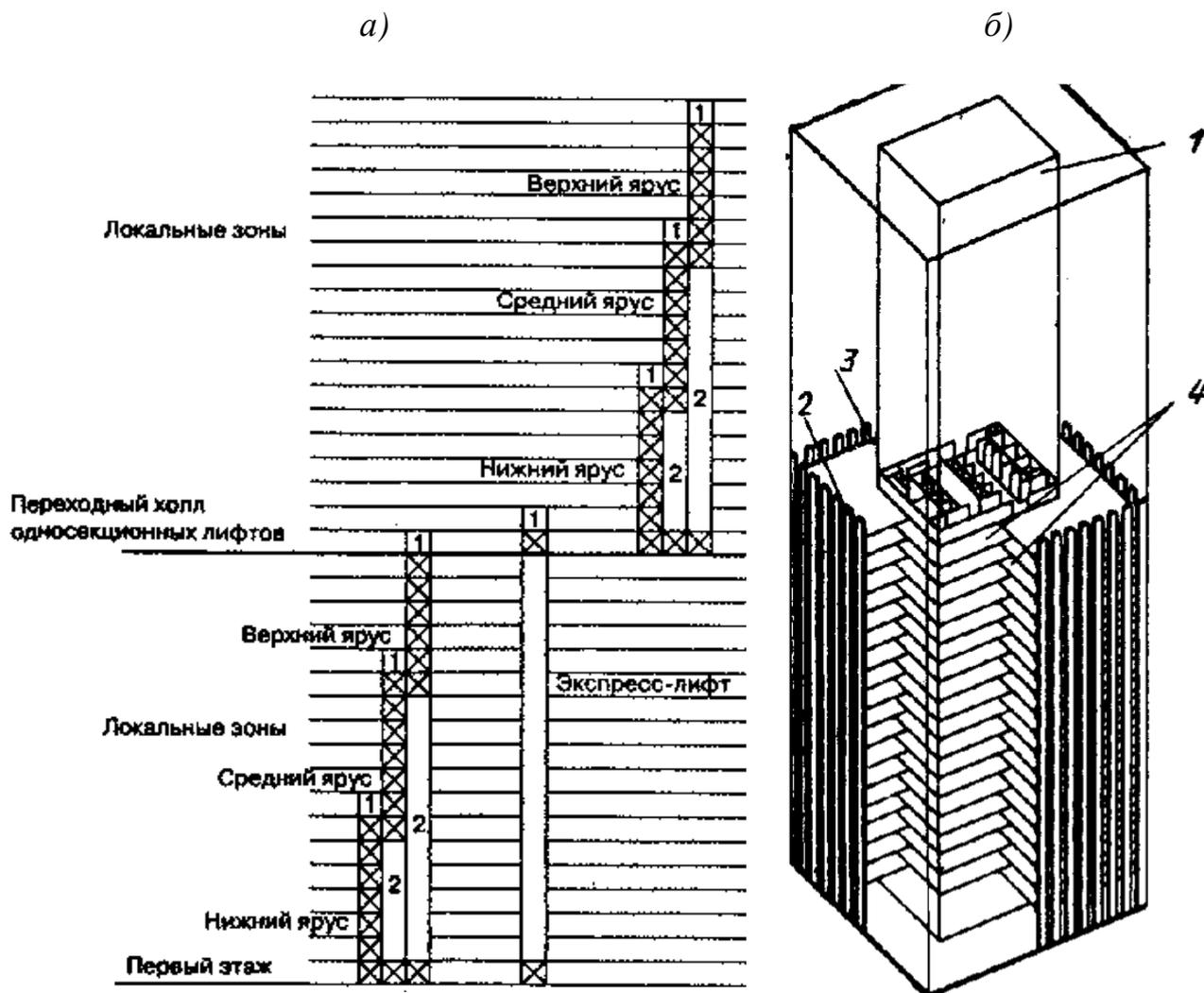


Рис. 7.6. Схема разделения пассажирских лифтов на три блока по ярусам (а): 1 – машинное отделение лифта; 2 – зона экспресс-лифта (транзитные участки лифтов, на которых движение осуществляется без остановок); условная аксонометрическая схема высотного здания с ядрооболочковой системой обеспечения пространственной устойчивости за счет организации ЛЛУ в центральной части плана здания (б): 1 – ядро жесткости, совмещенное с системой ЛЛУ и вспомогательных помещений; 2 – наружная (внешняя) оболочка, состоящая из часто расположенных колонн и ригелей; 3 – свободные от несущих конструкций рабочие площадки; 4 – конструкции междуэтажных перекрытий

Современные повышенные требования к безопасности, комфортности и скорости доставки пассажиров на этажи высотного здания или небоскреба послужили основанием для разработки новых принципов организации вер-

тикального транспорта. По сравнению с традиционными схемами лифтов (рис.7.7а) нашли применение схемы лифтов с зонной (рис. 7.7б) системой вертикального транспорта и лифты с пересадочными этажами (рис. 7.7в).

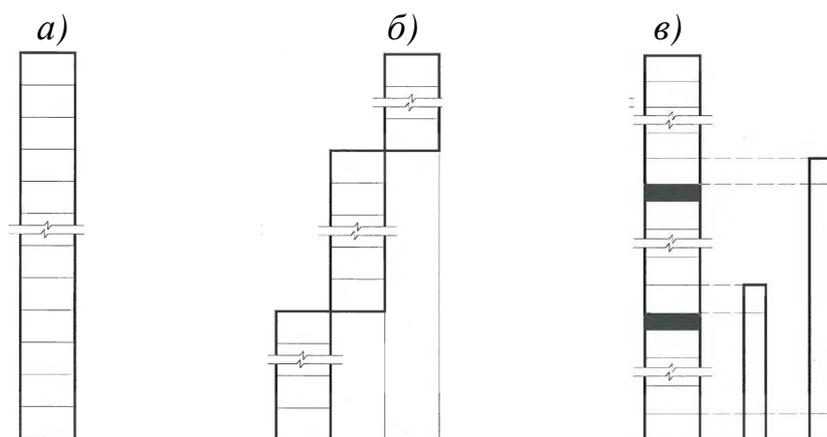


Рис. 7.7. Применяемые в современном высотном строительстве схемы лифтов и организации вертикального транспорта для высотных зданий, сооружений и небоскребов: а – традиционная; б – зонная; в – с пересадочными этажами

Выше этажей нижнего яруса (уровня) лифтовых шахт уже нет, поэтому выше соответствующего нижнего яруса размер ядра жесткости уменьшается, и увеличивается полезная площадь. Исключение составляют два этажа, находящиеся непосредственно над нижним ярусом, поскольку на них размещается машинное отделение для лифтов нижних этажей. Выше оканчиваются шахты блока лифтов для этажей среднего яруса, тем самым площадь, занимаемая ядром, уменьшается еще больше.

В высотных зданиях с целью существенного сокращения пространства, отводимого в ядре жесткости для шахт лифтов, практикуется применение двухсекционных лифтов. Каждый двухсекционный лифт имеет по две кабины: одна обслуживает четные этажи, а другая – нечетные. Двухсекционные лифты наиболее часто используются в сверхвысоких зданиях в комбинации с переходными холлами.

Зачастую лифтовые группы обслуживания при проектировании соотносятся с зонированием высотных зданий по вертикали. Это позволяет использовать технические этажи для размещения машинных помещений лифтов, сократив потери полезной площади здания. Размещение оборудования на технических этажах позволяет с меньшими затратами решить проблему защиты от шума и вибраций. Не во всех зданиях можно разместить оборудование таким образом, но сейчас это и не представляет собой острой проблемы, так как в настоящее время ведущие производители лифтового оборудования выпускают оборудование, отличающееся достаточно низким уровнем шума с хорошо отработанными разнообразными решениями по шумозащите. Такая схема организации вертикального транспорта успешно применяется и в настоящее время, однако в зданиях выше 50 этажей проявляются ее недостатки, главный из которых – увеличение количества лифтов. Простой расчет вероятностными методами показывает, что при такой схеме в некоторых случаях площадь, необходимая для размещения лифтовых шахт, вообще превышает площадь этажа. С учетом очень высокой стоимости площади («квадратного метра») высотного здания такое увеличение количества лифтов совершенно неприемлемо для инвестора. В связи с этими обстоятельствами сегодня в зданиях, превышающих 50 этажей, часто при-

меняется схема с так называемыми «sky lobby». К настоящему времени такая схема реализована в целом ряде высотных зданий, получивших мировую известность, многие из этих зданий к моменту постройки являлись самыми высокими в мире – «Willis Tower» в Чикаго, «Petronas Twin Towers» в Куала-Лумпуре, «Taipei 101» на Тайване и т. д. Суть схемы со «sky lobby» состоит в том, что здание делится по вертикали на зоны, которые обслуживаются независимой группой лифтов, шахты которых проложены только лишь в пределах обслуживаемой зоны и не затрагивают остальные части здания. Как правило, в пределах зоны лифты группируются по классической схеме, со «слепыми» зонами (рис.7.8). Между собой зоны объединяются скоростными лифтами-шаттлами. Шахты лифтов-шаттлов действуют по всей высоте здания, но имеют всего 2–4 остановки, по числу обслуживаемых зон.

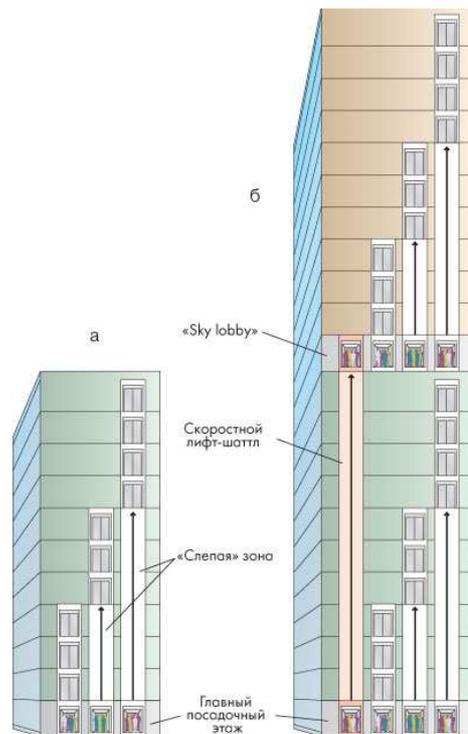


Рис. 7.8. Схемы организации вертикального транспорта в высотных зданиях: «классическая» (а), со «sky lobby» (б)

Лифты-шаттлы позволяют быстро доставить большое количество людей на промежуточные посадочные узлы – нижние этажи зон. Эти промежуточные посадочные узлы и получили название «sky lobby». По своей сути при данной схеме с точки зрения расположения лифтов высотное здание представляет собой несколько отдельных «зданий», расположенных одно над другим. Лифтовые шахты разных зон располагаются в плане также одна над другой, в результате чего в пределах каждой зоны общее число шахт и, соответственно, занимаемая шахтами площадь уменьшается. Разумеется, некоторая дополнительная площадь необходима для размещения лифтов-шаттлов, но их нужно не очень много – это лифты с очень большой скоростью и грузоподъемностью и малым числом остановок, что позволяет реализовать преимущество высокой скорости.

## 7.2. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛИФТОВЫХ КАБИН В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ. МНОГОКАБИННЫЕ РЕШЕНИЯ

Если рассматривать историю развития систем вертикального транспорта с момента его появления и до последнего времени, то можно отметить, что многочисленные инновации (например, внедрение безредукторных приводов и т. д.) не затрагивали основных принципов, заложенных еще в самые первые проекты. Лифты постоянно совершенствовались, но принципиально не менялись. Качественных скачков в развитии происходило не так уж много.

Одним из них стало достижение высоких скоростей движения лифтовых кабин. В настоящее время на рынке предлагаются системы, в которых достигается скорость движения кабин, равная 10 м/с. Максимальная скорость лифтовых

кабин составляет 16 м/с. Достижение определенных скоростей позволило существенно увеличить пропускную способность лифтов и пересмотреть требования по их количеству в здании. В отечественной практике проектирования лифтов для высотных зданий [35] регламентированная скорость пассажирских лифтов в высотных зданиях составляет от 1,6 до 7,0 м/с.

Второе изменение, позволившее пересмотреть традиционные подходы к организации систем вертикального транспорта высотных зданий – это появление многокабинных решений. В практике современного проектирования существует два подхода к организации многокабинных лифтов (рис.7.9).

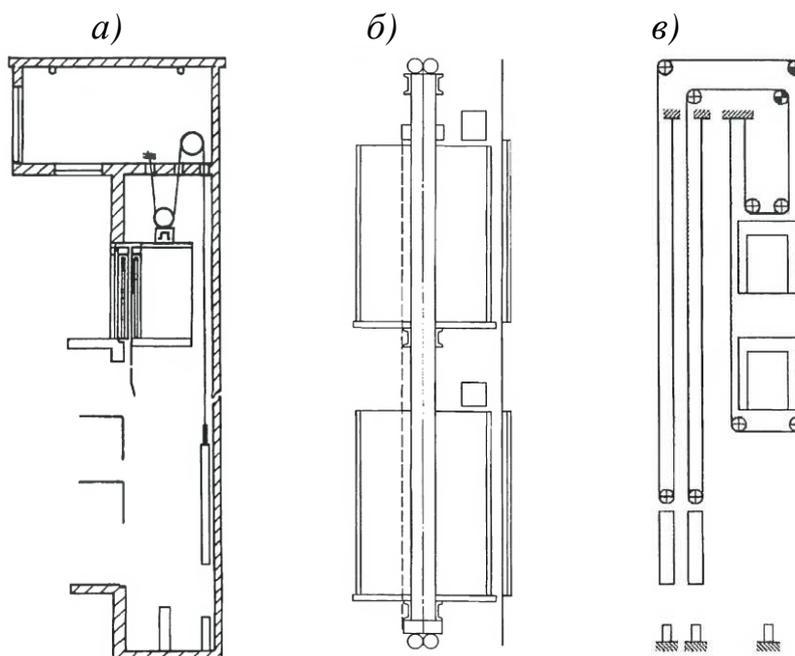


Рис. 7.9. Схемы пассажирских лифтов, применяемых в высотных зданиях:  
а – традиционная; б – с двухуровневыми кабинами типа «Double-Deck»;  
в – с двумя кабинами в одной шахте (Twin)

При первом подходе в одну шахту помещаются две лифтовые кабины, конструктивно выполненные в виде единой двухъярусной кабины, размещенной на одной раме и одновременно обслуживающей два смежных этажа. Каждая кабина может производить посадку и высадку пассажиров на любом этаже. Такая система оказалась очень эффективной в офисных зданиях с большими перемещениями персонала по этажам. При таком подходе увеличивается грузоподъемность и сокращается количество остановок лифтов, соответственно, уменьшается площадь, требуемая для размещения шахт. Хотя с экономической точки зрения данное решение достаточно затратно, инвесторы охотно применяют его, поскольку все дополнительные затраты окупаются за счет высвобождения ценной полезной площади. Эта система известна под названием «Double-Deck» или «Multi-Deck». Она в настоящее время получила достаточно широкое распространение. Примеры реализации такого технического решения имеются и в отечественной практике.

Альтернативным решением многокабинных лифтов является система «Twin». Это новая система, которая пока она еще не получила широкого

распространения. Принципиальным отличием от системы «Double-Deck» является то, что единой рамы в этом случае нет, и лифтовые кабины перемещаются в единой лифтовой шахте независимо друг от друга (рис.7.9 б,в). Это позволяет более гибко обслуживать этажи здания при той же самой площади шахты. Каждая кабина действует по своей кинематической схеме, имеет собственный противовес и т. д. Решение это чрезвычайно сложно технически, но, тем не менее, постепенно получает распространение.

### 7.3. СОВРЕМЕННЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИФТАМИ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

Третий качественный скачок в развитии систем вертикального транспорта связан с появлением новых интеллектуальных систем управления.

Первые лифты не обрабатывали одновременно несколько запросов на их использование, каждый последующий запрос мог быть сделан только после выполнения предыдущего вызова лифта. В дальнейшем появилось так называемое последовательное управление лифтами. Это самая простая схема, в некоторых случаях она применяется и в настоящее время. При этой схеме все запросы пользователей фиксируются и исполняются последовательно. При одновременных запросах командам из кабины отдается предпочтение: лифт сначала доставляет пассажира на требуемый этаж и лишь затем движется на этаж, с которого был произведен следующий вызов.

Следующей схемой управления стала собирательная схема. Она получила широчайшее распространение в жилых зданиях, где применяется односторонняя собирательная система (вниз). Лифт, движущийся вниз, на первый этаж, делает остановки в соответствии с запросами с этажей, «собирая» таким образом пассажиров, опускающихся вниз. При движении вверх запросы с этажей игнорируются, обрабатываются только запросы из кабины, поскольку в жилых зданиях необходимость в перемещении жителей с этажа на этаж возникает очень редко. На вызывном аппарате такого лифта располагается только одна кнопка.

Несколько позже стала применяться двухсторонняя собирательная система (вверх и вниз) для офисных зданий и гостиниц. На вызывном аппарате лифтов с такой системой управления располагаются две кнопки – вверх и вниз, и при вызове системе управления задается не только этаж, на котором находится вызывающий, но и требуемое направление движения. Эта система также получила очень широкое распространение.

Достаточно долгое время эти две разновидности собирательной схемы применялись практически повсеместно, какие-то принципиально новые решения в системах управления не появлялись. Совершенствование систем управления в это время шло по пути минимизации времени ожидания за счет оптимизации движения кабин в сложных лифтовых группах. Существовали даже решения на базе нейросетей. Это давало определенный эффект, но он был относительно невелик.

«Революционное» изменение произошло в начале 1990-х годов. Им стало изобретение системы выбора этажа назначения. К настоящему времени эта система стала практически стандартом для высотных зданий. В отличие от

собирающей схемы, где задается только исходный этаж и желаемое направление движения, в данной схеме в ходе запроса системе сообщается этаж, на который необходимо попасть. Для этого на каждом этаже устанавливается приказная панель, аналогичная той, которая находится в кабине лифта. Это, казалось бы, незначительное изменение сразу дало огромные возможности по оптимизации. При решении оптимизационной задачи в качестве целевой функции принимается количество остановок, которое делает лифтовая кабина, – эту величину необходимо минимизировать.

Чем меньше кабина делает остановок, тем быстрее она возвращается на главный посадочный этаж, следовательно, меньше время ожидания лифта. Эффективность данной системы оказалась очень высока, что было подтверждено опытом ее практического использования. При выборе этажа назначения на информационной панели сразу же отображается номер кабины лифта, которая необходима пассажиру. Это позволяет избежать скопления людей у дверей одного из лифтов (рис.7.10).

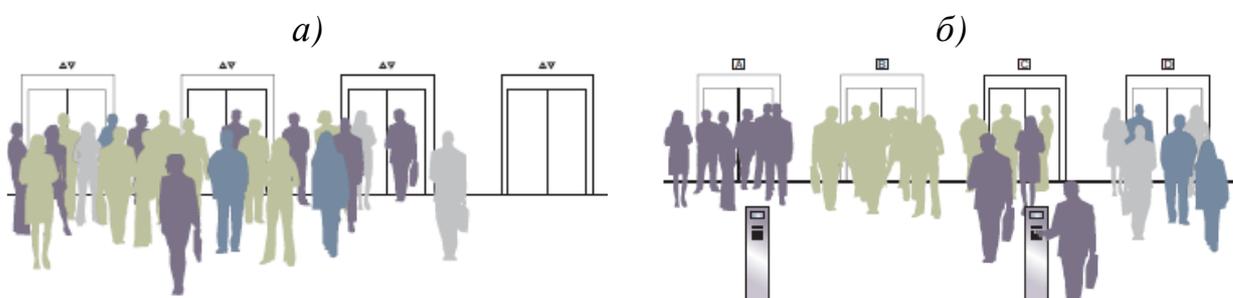


Рис.7.10. Выбор этажа места назначения при пользовании лифтами в современных высотных зданиях: *а* – при традиционной системе управления; *б* – при системе управления с выбором этажа назначения

С развитием компьютерной техники, ее значительным удешевлением, система выбора этажа назначения получила дальнейшее развитие – появилась возможность применения серверов для управления лифтовыми группами. Эта система позволяет реализовывать, во-первых, более сложные алгоритмы, а во-вторых, различные дополнительные опции. К одной из дополнительных опций относятся, например, контроль и разграничение доступа, когда в офисных зданиях сотрудники физически не могут попасть на этажи, доступ на которые им не положен по занимаемой должности, и эта функция может быть реализована самыми разными способами, в частности, посредством набора пин-кода, по магнитной либо бесконтактной карте, сканированию сетчатки глаза и т.д.

Часто в высотных зданиях одновременно размещаются офисы нескольких компаний. В таких случаях, если в одном здании оказываются офисы конкурирующих компаний, система проектируется таким образом, чтобы их сотрудники никогда не могли оказаться в одной кабине. В таких случаях лифт транзитом проезжает этаж без остановки, игнорируя вызов сотрудника корпорации, если в это время в кабине находится сотрудник компании-конкурента. Можно реализовать такую функцию, как персональное приветствие, и т.д. (рис.7.11).

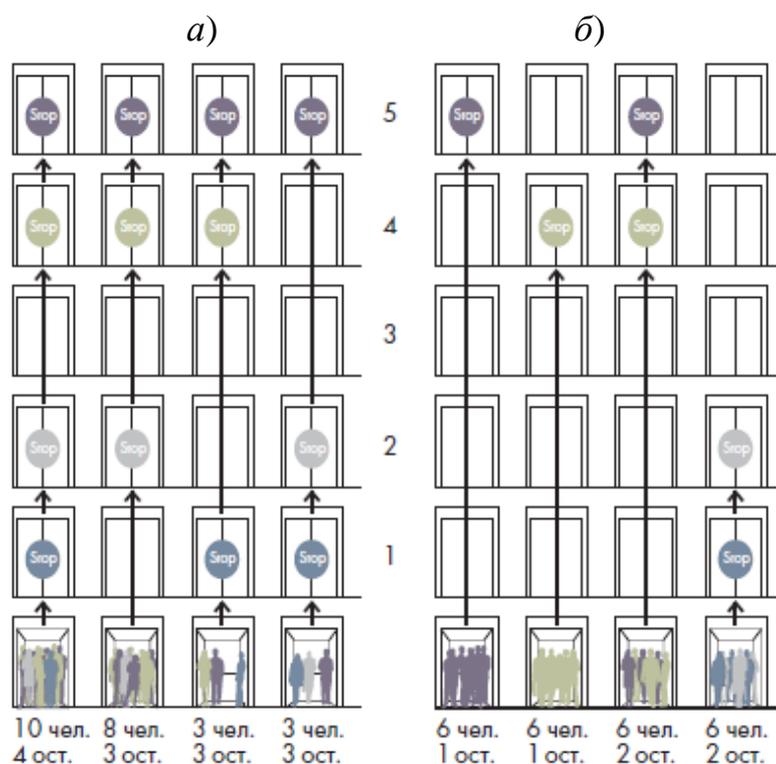


Рис.7.11. Принципиальная схема работы лифтовой группы современных высотных зданий: *а* – при традиционной системе управления лифтами; *б* – при системе управления с выбором этажа назначения

Таким образом, можно заметить, какие значительные изменения произошли в лифтостроении и модернизации лифтового оборудования применительно к многоэтажным зданиям, зданиям повышенной этажности, высотным зданиям и небоскреbam, начиная от первых высотных зданий до современных небоскребов. В качестве примера на рис.7.12 приведены два общих вида лифтов, включая первый механический лифт OTIS на паровом ходу (рис.7.12,*а*) и современный скоростной лифт в сверхвысотном здании «Петронас Тауэр» (рис.7.12,*б*).

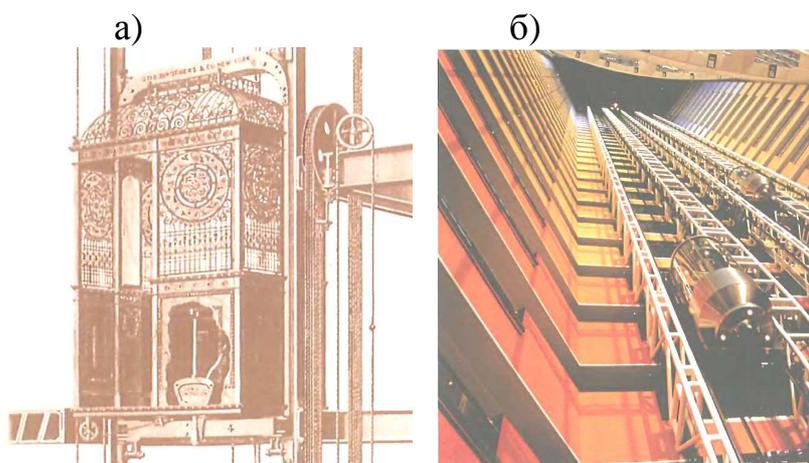


Рис.7.12. Модернизация лифтов и лифтового оборудования : *а* – первый механический лифт OTIS на паровом ходу; *б* – современный скоростной лифт в сверхвысотном здании «Петронас Тауэр»

## 7.4. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ПРИВОДА ЛИФТОВ ДЛЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При проектировании, в высотных зданиях, как и для многоэтажных зданий, предусматриваются лифтовые системы, как с машинными помещениями, так и с приводом лифтов, располагаемых в лифтовой шахте. Исходя из нормативных требований бесперебойной работы лифтов в экстремальных условиях, машинное помещение лифтов в высотных зданиях располагается в технических этажах с обеспечением зон безопасности. Лифты в составе высотных зданий – это всегда очень сложное устройство, и при его проектировании приходится обращать особое внимание на многие элементы, которые в обычных многоэтажных зданиях не оказывают особого влияния на комфорт и даже безопасность поездки. С другой стороны, лифт высотного здания включает в себя ряд элементов, которых в лифтах обычных многоэтажных зданий может просто не быть. Например, в высотных зданиях применяется такой элемент, как компенсационный трос. Лифт уравнивается противовесом, и в многоэтажных зданиях масса троса не оказывает существенного влияния на кинематику системы. В высотных зданиях, где длина троса может составлять несколько сот метров, его массой уже пренебречь нельзя: она достигает нескольких сотен килограммов. При движении лифта масса кабины и масса противовеса непрерывно меняются за счет сокращения или удлинения соответствующих участков троса, и система становится разбалансированной. Проблему удалось решить за счет применения так называемых «компенсационных» тросов, перекинутых через два блока и соединяющих кабину лифта и противовес сверху и снизу (рис.7.13).

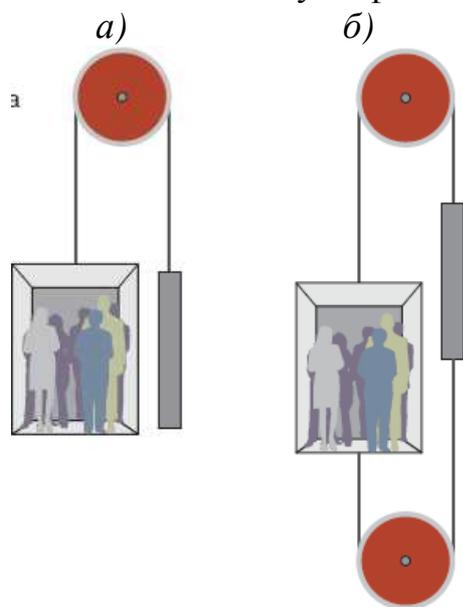


Рис.7.13. Принципиальная схема конструкции механизмов привода лифтов для высотных зданий: *а* – с обычной системой тросов; *б* – с компенсационным тросом

При движении, например, вверх длина участка троса, на котором подвешена кабина, непрерывно уменьшается, но зато длина участка компенсационного троса увеличивается. Соответственно, увеличивается длина участка троса, на котором подвешен противовес, и уменьшается длина участка компенсационного троса. Разбалансирования системы в этом случае не происходит. На характерных для высотных зданий высоких скоростях движения лифтовых кабин обязательно применяются роликовые башмаки. В обычных лифтах на скоростях до 2,5 м/с часто используются направляющие башмаки скольжения. При повышении скоростей такие башмаки неприменимы, поскольку в этом случае резко возрастают шумы, вибрации и износ этих башмаков. В высотных зданиях при скоростях движения лифтовых кабин, превышающих 6 м/с, существенную роль играет аэродинамика кабин.

С точки зрения влияния на аэродинамику можно выделить два случая конструктивного исполнения лифтов. В первом случае несколько кабин располагаются в одной лифтовой шахте и разделяются только балками. Во втором случае каждая лифтовая кабина помещается в отдельную лифтовую шахту. Второй случай очень сложен с точки зрения аэродинамики, так как, во-первых, воздух оказывает сопротивление движению кабины, во-вторых, при движении воздуха в узких промежутках между кабиной и стенками шахты возникает очень сильный шум. Поэтому в высотных зданиях уже при скоростях движения кабин выше 4 м/с крайне желательно использование нескольких кабин, разделенных балками, в общей шахте. Когда это невозможно сделать по архитектурно-планировочным или конструктивным соображениям, в лифтовой шахте делаются отводы воздуха с перетоками, позволяющие если не исключить, то хотя бы минимизировать вредные аэродинамические воздействия. С целью решения аэродинамических проблем лифтовых кабин в современных высотных зданиях, в которых скорость движения составляет 6 м/с и более, практикуется применение лифтовых кабин, которым придается специальная аэродинамическая форма (рис. 7.14). Обычно в верхней и нижней части кабин устанавливаются обтекатели, позволяющие если не исключить, то хотя бы минимизировать влияние сопротивления воздуха.

В высотных зданиях в лифтах применяются специальные усиленные направляющие, кронштейны и даже специальные усиленные двери, которые при прохождении мимо них лифтовой кабины выдерживают довольно сильную аэродинамическую ударную нагрузку и гасят шум. Должны использоваться специальные клипсы – это один из тех элементов, который в высотных зданиях достаточно сильно отличается по конструкции от аналогичного элемента зданий многоэтажных. Любое здание после его возведения некоторое время подвержено деформациям осадки, и если в обычных многоэтажных зданиях она не оказывает особого влияния на конструкцию лифта, то в высотных зданиях ею уже невозможно пренебречь (поэтому, например, примерно через год после установки лифта переустанавливаются все кронштейны).

Если в обычном здании можно жестко зафиксировать клипсы, которыми направляющие прижимаются к кронштейну (иногда клипсы даже фиксируются сваркой – это один из признаков некачественного монтажа), то в высотных зданиях клипсы специальной конструкции должны обеспечивать, с одной стороны, надежную фиксацию направляющих, а с другой – давать возможность некоторого вертикального перемещения направляющих относительно кронштейна для компенсации деформации осадки здания. Эти клипсы называются скользящими.

В процессе эксплуатации лифтов высотных зданий присутствует известная проблема, заключающаяся в том, что закрывание дверей лифта при работе приточной аварийной вентиляции становится затруднительной, а иногда и невозможной. Этот факт возникает в результате того, что приточные вентиляторы

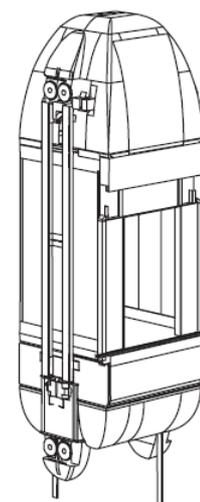


Рис.7.14. Кабина лифта аэродинамической формы

обеспечивают такой подпор воздуха в полости лифтовой шахты, создаваемый по противопожарным требованиям, вследствие которого из-за повышенного давления сопротивление при закрывании дверей лифта превышает так называемое «детское усилие». Похожая проблема возникает, если в здании конструктивно плохо выполнены или вообще не предусмотрены тамбуры. В этом случае в шахте лифта возникают сильные восходящие воздушные потоки, из-за которых сопротивление при закрытии дверей лифта опять же превышает то самое «детское усилие». Для предупреждения этих явлений предусматриваются специальные тамбуры, работающие по шлюзовой схеме, в которых устанавливают двойные двери, причем дверь можно открыть только тогда, когда закрыта вторая дверь тамбура.

## 7.5. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛИФТОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

В практике эксплуатации высотных зданий известны случаи, когда лифты выходили из строя из-за попадания влаги в шахту. Небольшое количество воды, попавшей в шахту, не представляет особой опасности, однако, например, при срыве пожарных гидрантов (случай, имевший место в одном из московских зданий) экономические потери из-за аварии были достаточно значительными. Лифт может быть защищен от воздействия влаги, однако это существенно удорожает проект. Лифты во влагозащищенном исполнении применяются в том случае, если они установлены на улице, во влагонезащищенных местах, где возможно образование конденсата. Кроме того, такие лифты используются для перевозки пожарных подразделений и эксплуатируются в ходе тушения пожара.

Пожарные лифты в составе высотных зданий предназначены для перевозки пожарных подразделений. Из условий их функционального назначения такие лифты проходят все здание по высоте. Пожарные лифты предусматривают из расчета 2 или 3 лифта на все здание. Требования к исполнению таких лифтов ранее регламентировались нормативами по пожарной безопасности НПБ 250-97 «Лифты для транспортирования пожарных подразделений в зданиях и сооружениях. Общие технические требования». В настоящее время эти нормативы утратили юридическую силу, и требования к пожарным лифтам содержатся в ГОСТ Р 52382-2005 «Лифты пассажирские. Лифты для пожарных» и ГОСТ Р 53296-2009 «Установка лифтов для пожарных в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности». Для высотных зданий количество пожарных лифтов и все требования к ним регламентируются «Специальными техническими условиями» (СТУ), которые составляются на каждый такой объект индивидуально.

В случае возникновения пожара все лифты опускаются на главный посадочный этаж, открываются все двери и все лифты блокируются в этом состоянии до тех пор, пока не отключена соответствующая система пожарной безопасности. Пожарный лифт так же, как и обычный, по сигналу пожарной тревоги опускается на главный посадочный этаж, блокирует двери в открытом положении и ждет прибытия пожарных подразделений. Пожарные подразделения, прибывшие для тушения пожара, имеют возможность запустить лифт в работу посредством специального ключа в особом пожарном режиме. Этот режим

достаточно существенно отличается от обычного режима эксплуатации лифта, он прописан в соответствующих нормативных документах. Пожарный лифт имеет ряд конструктивных особенностей, например, он не может иметь сенсорную приказную панель и должен быть оборудован кнопками нажимного действия. Это обусловлено механизмом его работы. Пожарный лифт реагирует не только на нажатие, но и на отпускание кнопки. При остановке на этаже двери автоматически не открываются, это происходит только по отдельной команде из кабины. При этом двери будут открываться достаточно медленно для того, чтобы из кабины можно было визуально оценить обстановку на этаже и при необходимости быстро закрыть двери кабины. Подобных нюансов в конструкции и особенностях работы пожарных лифтов достаточно много.

Огнестойкость шахтных дверей пожарных лифтов составляет 60 мин (EI 60). В высотных зданиях также обычно применяются шахтные двери с часовой огнестойкостью, как в пожарных, так и в обычных лифтах, хотя этого и не требуют действующие нормативы.

Пожарная безопасность обычных лифтов, не предназначенных для транспортировки пожарных подразделений и для эвакуации людей в случае пожара, регламентируется ГОСТ Р 52383-2005 «Лифты. Пожарная безопасность».

## 7.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ЛИФТОВ ДЛЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

В соответствии с требованиями отечественных норм [35] и с учетом международного опыта пассажирские лифты в высотных зданиях располагаются компактно, в составе ЛЛУ, предпочтительно в центральной части плана. Механизм расчета количества лифтов, требуемого в здании, описывается пособием по проектированию общественных зданий и сооружений, а именно приложением 2 «Методические основы расчета пассажирского вертикального транспорта (лифтов)».

Расчетное количество лифтов и их технические параметры, предназначенные для обслуживания и комфортного функционирования каждой группы помещений высотной части зданий, определяется с учетом провозной способности лифтов (подъемной мощности) и времени ожидания. Требуемая подъемная мощность на каждую группу лифтов рассчитывается исходя из суммы вероятных пользователей каждого этажа при заполнении (освобождении) высотного здания. Лифтовая система высотного здания считается пригодной для эксплуатации, если ее подъемная мощность в течение 5 минут при заполнении (или освобождении) здания соответствует процентному коэффициенту пользователей, соответственно: для жилых зданий -3%...7%; для зданий с несколькими пользователями -11%...15%; зданий с множеством пользователей -16%...20%. Расчетное количество пользователей определяется исходя из размера полезной площади занимаемой ими на соответствующем этаже, в том числе: для офисных зданий -8...12 м<sup>2</sup>/чел.; для гостиниц -1,5...1,7 человек на двухместный номер; для жилых зданий 1,2...3 чел./квартиру (в зависимости от размера квартиры). В соответствии с табл. 2, ПБ 10-558-03, требуемая площадь лифтовых кабин определяется количеством людей, которые должны быть перевезены при

среднем времени ожидания за круговой рейс, и ориентировочно принимается равной  $0,2 \text{ м}^2/\text{чел.}$

Нижние уровни высотных зданий, имеющие в своем составе: автостоянки; технические помещения; кинотеатры; выставочные залы; бассейны; торговые помещения и пр. обеспечиваются пассажирскими и грузовыми лифтами, а также лифтами для маломобильных групп населения, которые не должны сообщаться с высотной частью здания.

Для достижения номинальной комфортности в обслуживании пассажиров, в отечественном высотном строительстве используются различные схемы организации движения лифтов, включая:

- применение одной группы пассажирских лифтов, обслуживающих все этажи с количеством пассажирских лифтов в группе не более 6. Здесь следует отметить, что в международной практике – в группе не более 8 лифтов;

- использование принципа зонирования по высоте здания, при котором на все этажи пассажиры доставляются без пересадки;

- доставку пассажиров высотного здания с пересадкой с любого этажа одной группы лифтов на любой этаж другой группы лифтов;

- применение экспресс-групп лифтов, позволяющих: получить наиболее экономичное решение для сокращения общего количества лифтов; перераспределять лифты на верхних этажах здания; связать вход в здание (на первую посадочную площадку) с наиболее высокими этажами, где расположены помещения специального назначения (обзорные площадки, рестораны и др.);

- применение двухуровневых лифтовых кабин системы «Дабл-Дек», позволяющих увеличить подъемную мощность лифтов при заполнении (или освобождении) здания, производящих остановки на четных и нечетных этажах одновременно.

Следует отметить, что расчеты требуемого количества лифтов в здании применяются двух типов, в том числе: 1) метод на основе теории вероятности; 2) методы имитационного моделирования.

Метод расчета на основе теории вероятности был разработан достаточно давно, и он с определенной точностью позволяет для жилых и офисных зданий выполнить оценку необходимого количества лифтов, их грузоподъемности и скорости. Этот метод и изложен в указанном пособии к СНиП. Достоинством метода является его универсальность, заключающаяся в том, что по заданным формулам выполнить такой расчет можно в любом случае. Этот расчет дает неплохие результаты, во всяком случае это лучше, чем вообще отсутствие каких-либо расчетов. Недостаток состоит в том, что данный метод совершенно не учитывает современных разработок в этой отрасли. В связи с этим ведущие мировые производители для определения требуемого количества лифтов в здании используют методы имитационного моделирования. При имитационном моделировании строится виртуальная модель здания, населенного определенным количеством людей. В модели задается лифтовая группа с конкретными параметрами. После этого группа работает определенный отрезок времени, например, 6 часов. За этот период собирается статистика, при анализе которой можно сделать вывод о процессах, происходящих с лифтами. При достаточно точном описании объекта этот метод дает очень хорошие результаты – можно

оценить эффективность различных систем управления и других подобных решений, чего абсолютно невозможно сделать при расчетах на основе теории вероятности (данный метод подразумевает применение лишь собирательной схемы управления). Кроме того, расчет на основе теории вероятности ведется только на «утренний пик» – подразумевается, что в офисном здании люди собираются с утра на главном посадочном этаже и вероятность попадания лифта на тот или иной этаж зависит от количества работающих на данном этаже. Однако такая ситуация возникает далеко не всегда. В здании могут быть сложные параметры трафика, такие как ланч-тайм, когда люди с разных этажей перемещаются на определенные этажи, либо в здании располагаются на разных этажах помещения одного арендатора, у которого межэтажный трафик может быть очень значительным, и т.д. Имитационные модели позволяют задавать подобные параметры и оценивать решения с их учетом.

С точки зрения напряженности пассажиропотока высотные здания разделяются по функциональному назначению. Самыми напряженными в этом аспекте являются офисные высотные здания, где пассажиропоток в лифтах обычно очень большой, причем офисы, принадлежащие одному арендатору, в этом плане сложнее офисов, которые сдаются по этажам с большим межэтажным трафиком. Достаточно сложными по функциональному назначению являются учебные здания. Здесь возможна ситуация, когда по звонку к лифтам одновременно придет большая группа учащихся. Менее сложными являются гостиницы. Наименее сложные в этом аспекте – высотные жилые здания. В них, по сравнению с аналогичным офисным зданием, находится меньшее количество людей, и требования к необходимой провозной способности, а также время ожидания, гораздо ниже. В жилом здании человек психологически может ждать лифт дольше. Если нормативом для офисного здания высокого класса является время ожидания 30 с, то для жилого это время составляет 60–80 с.

Следует отметить, что процесс оценки требуемого количества лифтов начинается при разработке самой концепции высотного здания. Очень часто бывает так, что архитектор предусматривает какое-то место для размещения лифтов, проект передается инженерам-конструкторам и другим смежникам-проектировщикам, а к инженерам-проектировщикам по лифтовому оборудованию проект передается уже в достаточно проработанном виде, в котором оказывается совершенно недостаточное количество лифтов. Существенно изменить проект уже невозможно, приходится искать компромиссное решение, которое не может в полной мере удовлетворить потребности здания. Поэтому, как только разработана основная концепция здания, известны объемы и высоты, следует определять требуемое количество шахт лифтов. Иногда проектировщиками используется приближенный метод для определения требуемого количества лифтов в офисных зданиях. Суть метода состоит в том, что количество человек, находящихся в здании, делится на 250 или количество этажей в здании делится на 3 и из этих двух полученных цифр выбирается наибольшая, которая и будет искомым количеством лифтов.

Отдельной большой темой при проектировании лифтов для высотных зданий являются вопросы по энергосберегающим мероприятиям систем вертикального транспорта. Следует выделить два из них. Первый – использование

систем управления, за счет которых снижается количество вызовов и количество поездок. Второй – использование массы лифта и массы противовеса для выработки энергии, заключающийся в том, что при движении нагруженной кабины вниз или пустой кабины вверх появляется возможность за счет разбалансирования системы вырабатывать дополнительную электроэнергию. Эта энергия потребляется этими же лифтами, что существенно сокращает ее затраты.

## **8. СИСТЕМА МУСОРОУДАЛЕНИЯ И ПЫЛЕУБОРКИ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ**

### **8.1. МУСОРОУДАЛЕНИЕ**

В жилых и общественных высотных зданиях мусоропроводы и система мусороудаления, включая организацию системы отдельного сбора мусора, проектируется в соответствии с требованиями, изложенными в СП 31-108-2002 [31]. Для различных общественных и административных помещений система мусороудаления принимается по единому технологическому и конструктивному решению и не зависит от размещения указанных помещений по высоте здания.

В высотных зданиях проектное расчетное расстояние от двери квартиры в жилой части до ближайшего загрузочного клапана мусоропровода не должно превышать 25 метров, а в общественных зонах расстояние от рабочих помещений до ближайшего загрузочного клапана мусоропровода не должно превышать 50 м.

Конструкция ствола мусоропровода высотных зданий выполняется дымогазодонепроницаемой, с использованием коррозионностойких стальных труб. В соответствии с санитарными требованиями величина условного прохода мусоропровода принимается не менее 500 мм. Из условий обеспечения комфортных шумозащитных условий, противопожарных и санитарно-гигиенических требований, а также требований прочности и устойчивости, при эксплуатации системы мусороудаления в высотных зданиях предусматривается комплекс специальных мер, включая следующие.

– Из негорючих материалов выполняется звукоизоляция между стволом мусоропровода и примыкающими строительными конструкциями высотного здания.

– Не допускается примыкание ствола мусоропровода непосредственно к жилым комнатам и общественным помещениям с постоянным пребыванием людей.

– Для снижения скорости падения отходов в стволе мусоропровода высотного здания предусматриваются специальные встроенные устройства.

– Для снижения внутренних напряжений в протяженной конструкции ствола стального мусоропровода предусматриваются межэтажные силовые разгрузочные муфты.

– В мусоросборной камере высотного здания, расположенной на первом надземном этаже, в нижней части вертикального ствола мусорокамеры устанавливается поворотный шибер с автоматическим огнедымоотсекателем.

– Для обеспечения условий по санитарно-гигиеническим требованиям ствол мусоропровода оборудуется устройствами для периодической промывки и дезинфекции его внутренней полости.

– Не допускается размещение ствола мусоропровода в лифтовом холле.

Из ствола мусоропровода, минуя шибер, отходы попадают в специальный передвижной контейнер мусоросборной камеры, которая располагается непосредственно под стволом мусоропровода. Мусоросборная камера обеспечивается: подводкой централизованной системы горячей и холодной воды для мойки и дезинфекции камеры; трапом в полу, присоединенным к хозяйственно-фекальной канализации здания. Не допускается располагать мусоросборную камеру непосредственно под жилыми комнатами или смежно с ними. Допустимое и нормативное размещение мусоросборной камеры в составе высотных зданий регламентируется требованиями СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные» [23].

Помещение мусоросборной камеры в составе здания регламентируется проектировать с геометрическими размерами, из которых: высота помещения принимается не менее 2,2 м; размеры в плане назначаются не менее 2,5 x 4,0 м. Планировочные решения мусоросборной камеры выполняются таким образом, чтобы обеспечивался свободный и удобный подход к шиберу и компактное размещение контейнеров для сбора и вывода мусора, а также инвентарного инструмента.

Для беспрепятственного доступа и перемещения контейнеров для мусора ширина коридоров, ведущих к мусорной камере, принимается не менее 1,5 м. При этом мусоросборная камера проектируется с самостоятельным входом и открывающейся наружу дверью.

Вход в мусоросборную камеру изолируется от входа в высотное здание при помощи возведения глухой стены (экрана) и выделяется противопожарными перегородками и перекрытием с пределами огнестойкости не менее REI 60 и классом пожарной опасности КО (предел огнестойкости двери мусорокамеры не нормируется, ее обшивку с внутренней стороны выполняют из негорючих материалов). В проектных решениях с размещением мусоросборных камер под маршами и площадками лестничных клеток, конструкции перекрытий над мусорной камерой выполняются противопожарными 1-го типа с огнестойкостью не менее REI 150.

Проектирование системы мусороудаления включает в свой состав расчет накопления отходов в контейнерах мусоросборных камер, который выполняется в соответствии с требованиями, изложенными в СП 31-108-2002 [31]. Поэтому, в отдельных обоснованных расчетах случаях и при необходимости, в составе мусоросборных камер высотных зданий устанавливаются компактные и малогабаритные прессы для уплотнения отходов в передвижных контейнерах. Мусороудаление для высотных зданий административно-офисного и гостиничного назначения, как правило, проектируется по схеме контейнерной системы мусороудаления с мешками, выполненными из полимерного материала. В этом случае мусороудаление с этажей осуществляется при помощи лифтов со сбором упакованного в мешки мусора на сборном пункте вне или внутри здания. Предусмотренные проектом сборные пункты внутри здания для отходов,

упакованных в полимерные мешки, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к мусоросборным камерам. Поэтому, как правило, сборные пункты проектируют либо совмещенными с мусоросборными камерами, либо размещенными в отдельных изолированных помещениях.

В тех случаях, когда проектом высотного здания предусматривается установка мусоропровода, проходящего через части здания со специфическими отходами, например, пищевыми и т.д., тогда общедомовой мусоропровод проектируется по транзитной схеме для этажей со специфическими отходами.

Сбор отходов на этажах, через которые мусоропровод проходит транзитом, производится в сменные одноразовые герметизированные емкости в специальных изолированных помещениях с последующим ручным удалением упакованного мусора при помощи лифтов на контейнерные площадки.

Пункт сбора и временного хранения специфических отходов, например, пищевых и т.д., а также крупногабаритных отходов, образующихся во всех функциональных элементах высотного здания, размещают на площадках вне здания. Доставка таких отходов осуществляется при помощи лифтов. Сбор остальных твердых бытовых отходов (ТБО) производится в сборных пунктах, которыми являются мусоросборные камеры, размещаемые внутри здания.

В отдельных обоснованных случаях, в соответствии с заданием на проектирование, проектом могут предусматриваться и реализовываться на практике другие системы мусороудаления в высотных зданиях, например – вакуумное мусороудаление.

## 8.2. ПЫЛЕУБОРКА

Процесс пылеуборки в высотных зданиях осуществляется двумя способами: индивидуальным и централизованным. В современных типах высотных зданий нашли применение системы централизованного пылеудаления с прокладкой вакуумных трубопроводов, размещаемых в специальных технических звукотеплоизолированных каналах. Привод вакуумных систем пылеудаления осуществляется при помощи вакуумных насосов, размещаемых в специально оборудованных шумозащитных помещениях машинного отделения, отвечающих санитарным и противопожарным требованиям, на уровне технических этажей.

Среди продуктов пылеудаления особое место уделяется сбору и удалению вредных для жизнедеятельности человека остатков люминесцентных и ртутьсодержащих предметов и ламп, а также других отходов 1-го класса опасности. Сбор таких отходов осуществляется в сменные одноразовые герметизированные емкости в специальных изолированных помещениях с последующим удалением вручную через лифты на отдельно выделенную контейнерную площадку.

## **9. КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Полный комплекс мероприятий по обеспечению требований безопасности при эксплуатации высотных зданий разрабатывается в предпроектной стадии и включается в состав технических условий на проектирование жилых зданий высотой более 75 м (приложение 3).

С учетом высокого уровня ответственности высотных зданий прилегающая к зданию территория по всему периметру участка оборудуется физическими барьерами, предназначенными для предотвращения таранного прорыва колесных транспортных средств к высотному зданию.

При эвакуации большого количества людей из высотных зданий, предусматриваются такие условия, при которых обеспечивается беспрепятственное рассредоточение потоков на прилегающей к высотному зданию территории посредством свободных проходов, площадок и т.п. Ограничение и контроль доступа в высотные здания, в зависимости от функционального назначения блоков и комплексов, предусматривается за счет организации контрольно-пропускных пунктов или постов службы безопасности: на подъездных путях; при входах в здание; в зонах доступа.

В высотном строительстве выделяются семь основных зон доступа, включая: 1) зону общего доступа; 2) зону доступа в жилую часть высотного здания; 3) зону доступа в гостиничный комплекс; 4) зону доступа в помещения общественного назначения, расположенные в высотной части здания, вход в которую осуществляется по пропускам; 5) зону доступа в помещения общественного назначения, расположенные в высотной части здания, работающие на город; 6) зон доступа в подземные части высотного здания; 7) зону загрузки помещений. Описание каждой из выделенных семи зон доступа приведено в табл.9.1.

Таблица 9.1

Расположение, назначение и краткое описание зон доступа в высотном здании

Зоны	Наименование	Расположение, назначение и краткое описание зон доступа в высотном здании по МГСН 4.19-2005 [35]
1	Зона общего доступа	Располагается в стилобатной части высотного здания, где допускается размещение помещений общественного назначения, работающих на город
2	Зона доступа в жилую часть высотного здания	Разрешается располагать предприятия общественного назначения, предназначенные для обслуживания жильцов
3	Зона доступа в гостиничный комплекс	Разрешается располагать предприятия общественного назначения, предназначенные для обслуживания людей, находящихся в этой зоне доступа
4	Зона доступа в помещения общественного назначения, расположенные в высотной части здания, вход в которую осуществляется по пропускам	Выделяется при размещении в высотной части здания административно-офисного, офисного элементов. В этой зоне могут располагаться не основные функциональные элементы в различных сочетаниях, посещение которых может быть организовано с реализацией требований пропускного режима (абонемента, предварительный заказ пропусков)

5	Зона доступа в помещения общественного назначения, расположенные в высотной части здания, работающие на город	<p>Выделяется при необходимости размещения в высотной части здания помещений общественного назначения, работающих на город, смотровые площадки, магазины, рестораны, кафе, буфеты; залы – зрелищные, для собраний, выставочные; финансовые и банковские учреждения, различные офисы и др. Эта зона должна быть планомерно отделена, расположена компактно по высоте здания, изолирована и обеспечена самостоятельными входами и коммуникациями (вертикальными и горизонтальными). На входе в лифтовый холл 1-го посадочного этажа должен быть установлен пост службы безопасности.</p> <p>В отдельных случаях, при невозможности применить отдельный лифтовый холл для обслуживания посетителей этих функциональных элементов, допускается использовать лифтовый узел, предназначенный для обслуживания основных функциональных элементов.</p> <p>В таком случае на входе в лифтовый холл 1-го посадочного этажа должен быть установлен контрольно-пропускной пункт, а двери со стороны лифтовых холлов этого лифтового узла на этажах, где располагаются помещения основных функциональных элементов, должны быть оборудованы техническими средствами системы контроля и управления доступом или на выходах из лифтовых холлов должны быть установлены посты службы безопасности</p>
6	Зона доступа в подземные части высотного здания	Эта зона должна быть выделена при размещении в подземной части здания автостоянки для легковых автомобилей арендаторов и жильцов высотного здания
7	Зона загрузки помещений общественного назначения	Выделяется в высотном здании при наличии загрузочных помещений

Для связи с квартирами в высотных жилых зданиях, в зоне доступа жилой части здания устанавливаются домофоны с вызывными панелями, которые предусматриваются: у дверей подъездов; дверей со стороны лифтовых холлов на

этажах, где располагаются квартиры; дверей со стороны лестничных клеток, ведущих в квартиры.

В подъезде нижнего этажа высотного здания устанавливается пост службы безопасности, который оснащается техническими средствами, включая: двухстороннюю аудиосвязь с каждой квартирой и с вызывной панелью двери подъезда; средствами обнаружения проноса запрещенных предметов; средства тревожно-вызывной сигнализации; прямую телефонную связь с ответственным дежурным и оператором центрального пункта управления службы безопасности; видеомонитор для выборочного просмотра видеоизображений от телевизионных камер, которые устанавливаются для наблюдения за дверями со стороны лифтовых холлов в коридоры на этажах, где располагаются квартиры, а также дверями, ведущими в эти коридоры со стороны лестничных клеток.

Вся информация, полученная из различных систем по обеспечению требований безопасности при эксплуатации высотных зданий, собирается и обрабатывается в центральном пункте управления системой обеспечения безопасности (ЦПУ СОБ).

Поэтому помещения, предназначенные для размещения ЦПУ СОБ в высотном здании, защищаются от несанкционированного вторжения и от поражения находящегося в нем персонала, стрелковым оружием. В непосредственной близости от помещения центрального пункта управления предусматривается помещение для размещения личного состава службы безопасности.

Подземная урбанизация в современных городах, с размещением парковочных машино-мест для личных легковых автомобилей жителей и арендаторов здания в многоуровневой подземной автостоянке, получила широкое распространение как эффективный прием решения сложных вопросов: повышения несущей способности, прочности; надежности и устойчивости фундаментов и грунтов основания; улучшения архитектурно-ландшафтных, объемно-планировочных и экологических условий эксплуатации высотных зданий.

При въездах в подземные автостоянки (одноуровневые или многоуровневые), предусматриваются досмотровые площадки (шлюзы) с целью исключения несанкционированного провоза запрещенных предметов и материалов.

Дополнительными мерами безопасной эксплуатации высотных зданий являются меры по оборудованию: колодцев, люков, лазов, подземных тоннелей, надземных коммуникаций (трубопроводы и т.д.) сечением 250x250 мм и более – постоянными или съемными решетками, крышками, дверями с запором и находящимися под контролем системы охранной сигнализации.

Ответственные узлы сопряжения несущих строительных конструкций остова высотных зданий, коммуникации, воздухозаборники, узлы и оборудование, щитовые инженерно-технических систем жизнеобеспечения, которые относятся к критически важным точкам, во избежание несанкционированных воздействий на них оборудуются средствами охранной сигнализации, видеонаблюдения, контроля и управления доступом и, при необходимости, физическими барьерами в соответствии с требованиями приложения 16.3 МГСН 4.19-2005 [35].

Минимально допустимая степень защиты помещений высотных зданий различного их функционального назначения от несанкционированных воздействий приведена в табл.9.2. Такими же средствами охраны, которые приведены в табл.9.2, контролируются входы в помещения, где расположены узлы управления системами безопасности и системами жизнеобеспечения высотного здания, в т.ч. насосные, вентиляционные камеры, электрощитовые и т.д.

Таблица 9.2

Степень защиты помещений высотных зданий различного функционального назначения от несанкционированных воздействий

Помещения и сооружения высотных зданий	Функциональные блоки							
	Жилые здания	Здания гостиниц	Административные, корпоративные учреждения	Банковские учреждения	Культурно-зрелищные и физкультурно- оздоровительные учреждения	Объекты торговли, бытового обслуживания и общественного питания	Автостоянки	Общественные и образовательные учреждения
<b>А. Технологические помещения и сооружения:</b>								
1. Вентиляционные камеры <i>(При выборе охранных датчиков необходимо учитывать передвижение воздушных масс различной температуры. Использование пассивных инфракрасных датчиков движения не рекомендуется)</i>	1	2	2	2	2	2	2	2
2. ИТП	1	2	2	2	2	2	2	2
3. Генераторная	2	2	2	2	3	3	2	3
4. Помещения ГРЩ	2	2	2	2	2	2	2	2
5. Насосные	1	2	2	2	2	2	2	2
6. Комнаты связи	1	2	2	2	2	2	2	2
7. Электрощитовые	1	2	2	2	2	2	2	2
8. Машинные отделения лифтов	2	2	2	2	2	2	2	2
9. Мусорокамеры	1	1	1	1	1	1	1	1
10. Двери, люки кабельных стояков	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Б. Помещения служб:</b>								
11. Помещения охраны	2	2	2	2	2	2	2	2

12. Помещения обслуживающего персонала ( <i>инженеры, техники и т.д.</i> )	*	*	2	2	2	2	*	2
13. Пожарный пост	2	2	2	2	2	2	2	2
14. Диспетчерская	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>В. Прочие:</b>								
15. Выходы на неэксплуатируемые лестничные клетки	1	1	1	1	1	1	1	1
16. Общие холлы	–	–	1	1	1	–	–	1
17. Выходы на вертолетные площадки	1	1	1	1	1	1	–	1
18. Вентиляцион. шахты	1	1	1	1	1	1	1	1
19. Решетки воздухозаборов ( <i>При возможности взлома решетки воздухозаборов</i> )	1	1	1	1	1	1	1	1
20. Лифтовые шахты	–	–	1	–	1	1	–	1
21. Лифтовые холлы	–	–	–	–	1	1	–	1
22. Выходы на кровлю	1	1	1	1	1	1	1	1
23. Прочие помещения общего пользования		*	*	*	*	*	*	*

#### Примечания к табл.9.2:

1 –помещения оборудуются одним рубежом охраны – двери на открывание или объем помещения;

2 – помещения оборудуются двумя рубежами охраны – двери на открывание и объем помещения;

3 – помещения оборудуются двумя рубежами охраны – двери на открывание и объем помещения двумя датчиками, использующими разные физические принципы обнаружения;

\*– рекомендуется; – не рекомендуется.

## **10. МОНИТОРИНГ КАК ПРОЦЕСС НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Термин «мониторинг» был включен в практику геотехнического строительства около 20 лет назад. Тогда же он был включен в нормативные документы Москвы, а впоследствии – и в нормативные документы России. Вместе с тем работы, связанные с длительным наблюдением за состоянием зданий, сооружений или грунта, проводились задолго до этого срока [66; 67].

В настоящее время считается обязательным на стадии «Проектная документация» разрабатывать программу научно-технического сопровождения и геотехнического мониторинга для высотных зданий [66]. Нормативные

документы рекомендуют начинать работы по мониторингу до выполнения строительно-монтажных работ (включая работы по устройству защитных мероприятий) и продолжать в течение, как правило, 2 лет после окончания строительства высотного жилого дома.

Наблюдения в рамках геотехнического мониторинга проектируемых высотных зданий могут проводиться периодически (*циклично*) либо автоматически (в режиме «*online*»). Решение по выбору системы наблюдений (периодическая или автоматическая) принимается организацией заказчика в зависимости от финансово-экономических и материально-технических условий.

Наиболее современным способом наблюдения за деформациями строящихся объектов и существующей застройки являются постоянно действующие системы, в которых измерения, обработка и анализ данных, а также пересылка их пользователю осуществляется автоматически в режиме «*online*».

Основной идеей такого мониторинга является организация многофункциональной системы мониторинга посредством объединения различных по назначению и типу измерительных устройств под управлением одной программы. Один из примеров принципиальной схемы организации системы мониторинга на строительной площадке представлен на рис.10.1.

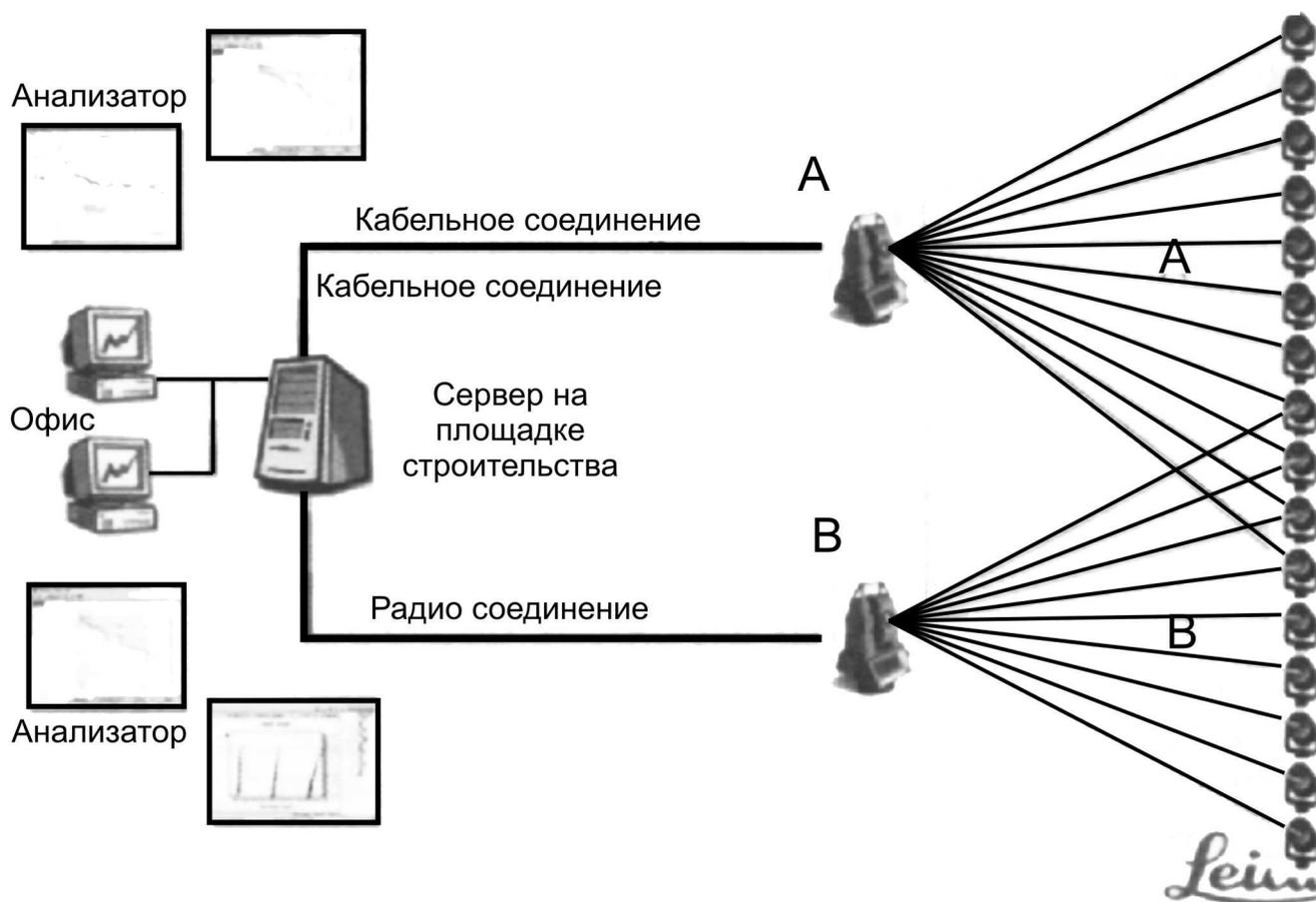


Рис. 10.1. Пример принципиальной схемы организации системы постоянно действующего мониторинга за строящимся зданием в режиме «*online*»

## 10.1. КОНЦЕПЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства – это комплекс работ, направленный на анализ и координацию различных аспектов, связанных с изысканиями, проектированием и строительством высотного здания. Основной целью геотехнического мониторинга является обеспечение безопасности объекта строительства (на примере 25-этажного жилого дома, расчетной высоты надземной части  $h_{зд.}=75$  с двухуровневой подземной парковкой) и окружающей среды при проведении геотехнических работ в стесненных условиях парково-городской застройки города Казани. Научно-техническое сопровождение и геотехнический мониторинг при строительстве и эксплуатации 25-этажного жилого дома должны выполняться квалифицированными специалистами ведущих научно-производственных и проектных организаций РТ и РФ в соответствии с утвержденной и согласованной в должном порядке программой, прилагаемой к настоящему разделу. Для постоянно действующих систем наблюдений необходимы специально установленные марки, отражатели, а также приборы – тахеометры, оснащенные сервоприводами, радиоприемниками (передатчиками, программным обеспечением и т.п. (рис.10.1–10.11). При проведении научно-технического сопровождения и геотехнического мониторинга в соответствии с программой должны решаться следующие основные задачи:

- проверка достоверности выполненных перед проектированием инженерно-геологических изысканий;
- оценка конструктивных и технологических решений при проектировании оснований, свайных фундаментов и ограждающих конструкций;
- сопоставительный анализ и сверка результатов расчетов с полученными при мониторинге инструментальными измерениями деформаций и напряжений;
- предупреждение и оперативное устранение негативных процессов при научно-техническом сопровождении и геотехническом мониторинге на объекте.

Основные факторы, определяющие влияние возведения глубокого котлована под высотное здание, приведены на рис.10.2. Отдельные примеры отечественной методики мониторинга за ответственными зданиями, приведены на рис.10.3–10.11. На основании накопленного отечественного и зарубежного опыта периодические (*циклические*) либо автоматические (в режиме «*online*») инструментальные наблюдения за состоянием ограждающих конструкций подземной части здания будут заключаться в следующем:

- инструментальном определении фактических величин осадок, разницы осадок и крена несущих конструкций подземной и надземной частей здания (рис.10.3, 10.10-10.11);
- инструментальных измерениях горизонтальных перемещений ограждающей конструкции стен подземной части по ее высоте при помощи инклинометра (рис.10.3, 10.4 и 10.5), а также лазерным сканированием или одним из методов инженерной геодезии (например: методом створных наблюдений, полигонометрии, фотограмметрии);

- замеры температуры (в период календарного года с отрицательной температурой воздуха), в связи с наличием инженерно-геологических элементов, обладающих специфическими свойствами, например пучинистыми – от слабопучинистого ( $Rf \times 10^2 = 0,12 \dots 0,48$ ) до сильнопучинистого ( $Rf \times 10^2 = 0,86$ ) [72];
- определении усилий в бетоне и арматуре (рис.10.6, 10.7);
- инструментальном определении фактических величин напряжений в контактной зоне грунта основания и в массиве сжимаемой толщи (рис.10.9).



Рис. 10.2. Факторы, определяющие влияние возведения глубокого котлована под высотное здание

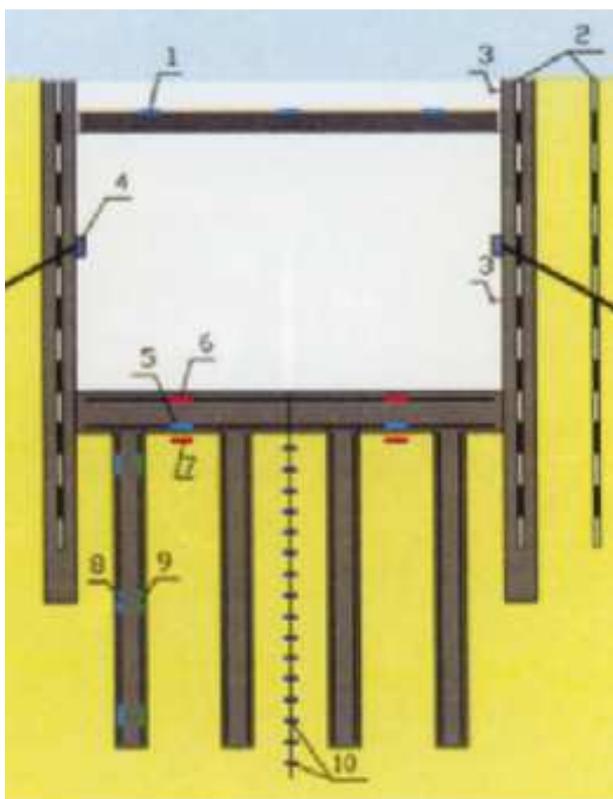


Рис. 10.3. Примерная схема размещения приборов и оборудования для мониторинга грунтов основания и конструкций подземной части здания на примере отечественного опыта: 1 – датчик для измерения усилий в распорках; 2 – инклинометрическая скважина; 3 – стенная марка; 4 – динамометр для измерения усилий в анкерах; 5,6 – датчики для измерения напряжений в бетоне и арматуре плитного ростверка; 7 – датчик для измерения давления грунта под плитным ростверком (фундаментной плитой); 8,9 – датчики для измерения напряжений в бетоне и арматуре сваи; 10 – марки для измерения послойной деформации грунта



Рис.10.4. Пример выполнения инклинометрической скважины в «стене в грунте» торгово-административного комплекса с подземной автостоянкой



Рис.10.5. Общий вид инклинометра фирмы SISGEO (пример отечественного применения)

а)



б)



в)



Рис.10.6. Примеры установки датчиков для определения усилий в арматуре различных конструкций и общего вида измерительных приборов: а – тензометрические датчики, смонтированные на арматуру плиты в двух направлениях перед бетонированием; б – струнный датчик для определения усилий в бетоне буронабивной сваи; в – тензодинамометр и вторичный прибор для определения усилий в бетоне забивной сваи

а)



б)

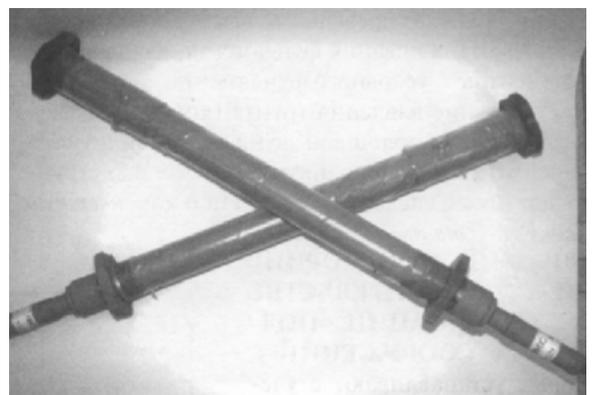


Рис.10.7. Пример установки струнного датчика на распорке ограждения котлована: а – общий вид места установки; б – струнный датчик ПЛДС-400

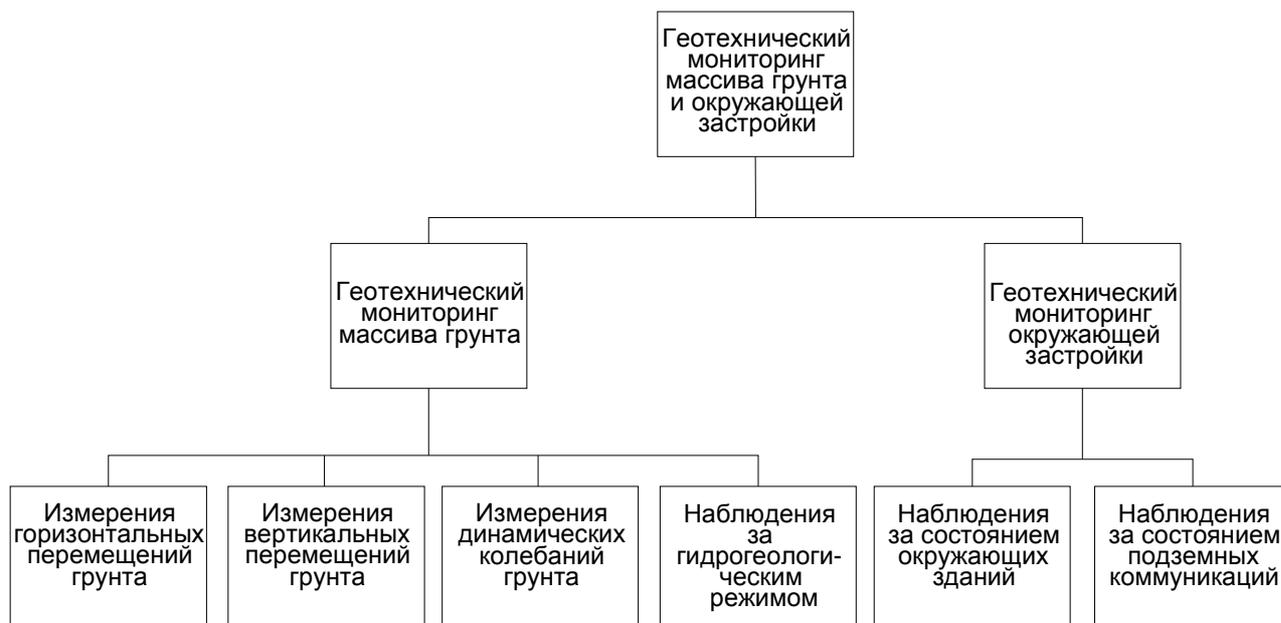


Рис.10.8. Примерный состав геотехнического мониторинга массива грунта в основании возводимого здания повышенной этажности и окружающих его зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния

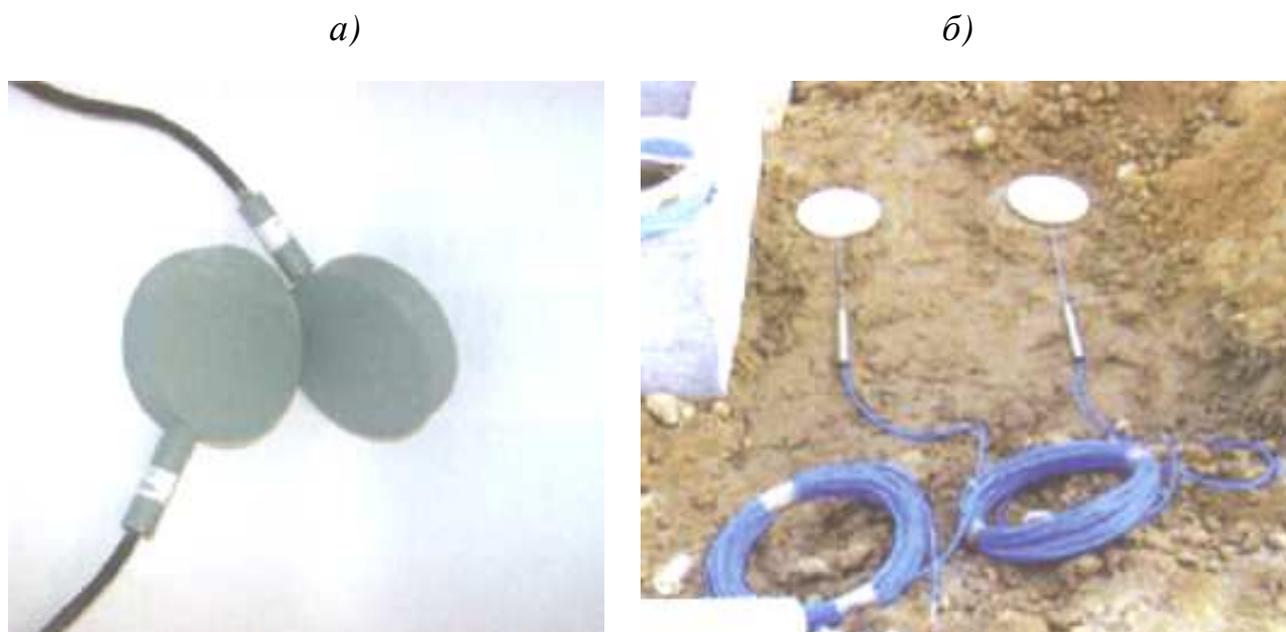


Рис.10.9. Общий вид способа установки датчиков давления в грунтах: *а* – общий вид датчиков давления; *б* – установка датчиков давления на грунт, под подошвой фундамента перед бетонированием

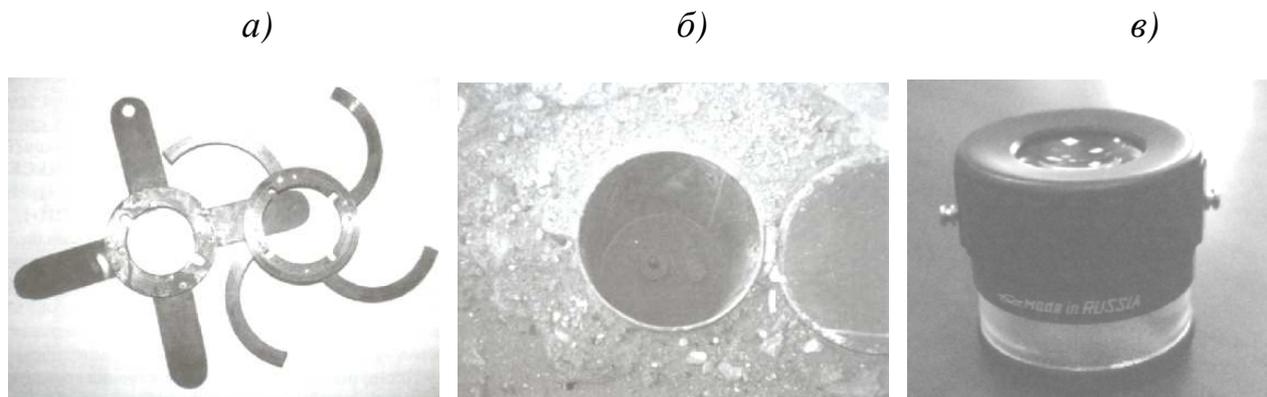


Рис.10.10. Примеры использования в отечественной практике измерительных приборов, приспособлений и марок для измерения деформаций грунтов и конструкций при мониторинге зданий и сооружений: *а* – различные виды кольцевых марок для измерения послойных деформаций грунта, устанавливаемых в специально оборудованных скважинах, как правило, с помощью экстензометров или кольцевых марок; *б* – пример оборудования поверхностной грунтовой марки, располагаемой на профильной линии со средним шагом 6–8 м; *в* – общий вид оптического трещиномера отечественного производства

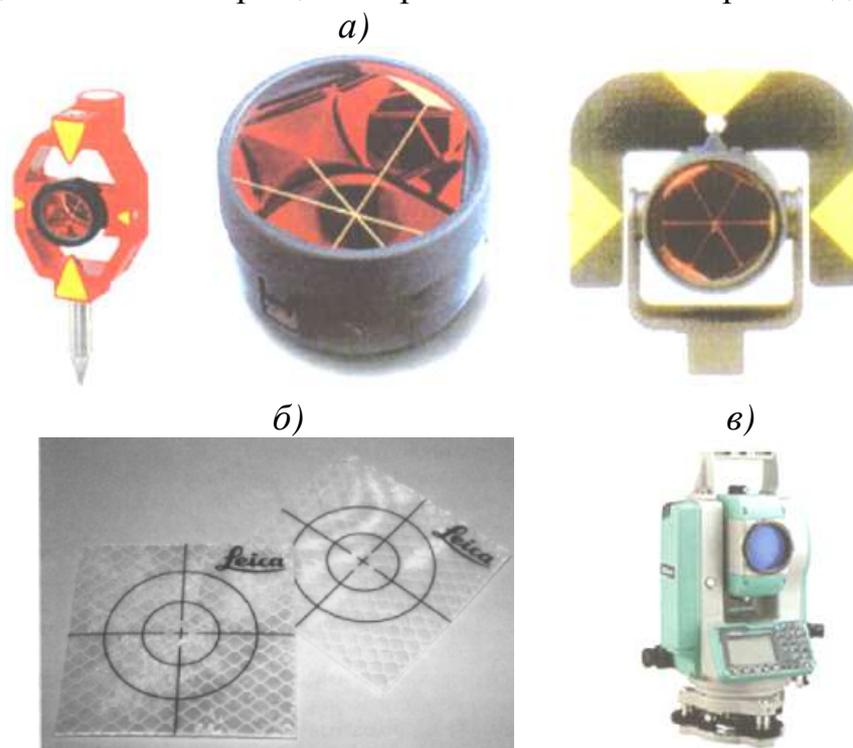


Рис.10.11. Примеры различных геодезических приборов, инструментов и оборудования, применяемых отечественными специалистами при проведении инструментального геодезического контроля в процессе мониторинга зданий повышенной этажности и высотных зданий: *а* – различные виды призмных отражателей; *б* – пленочные отражатели фирмы *Leica*; *в* – автоматический тахеометр фирмы *Leica*

10.2.ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЕКТА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
СОПРОВОЖДЕНИЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ (ЗАКАЗ № 5384) в г. КАЗАНИ

10.2.1. Графическая часть проекта

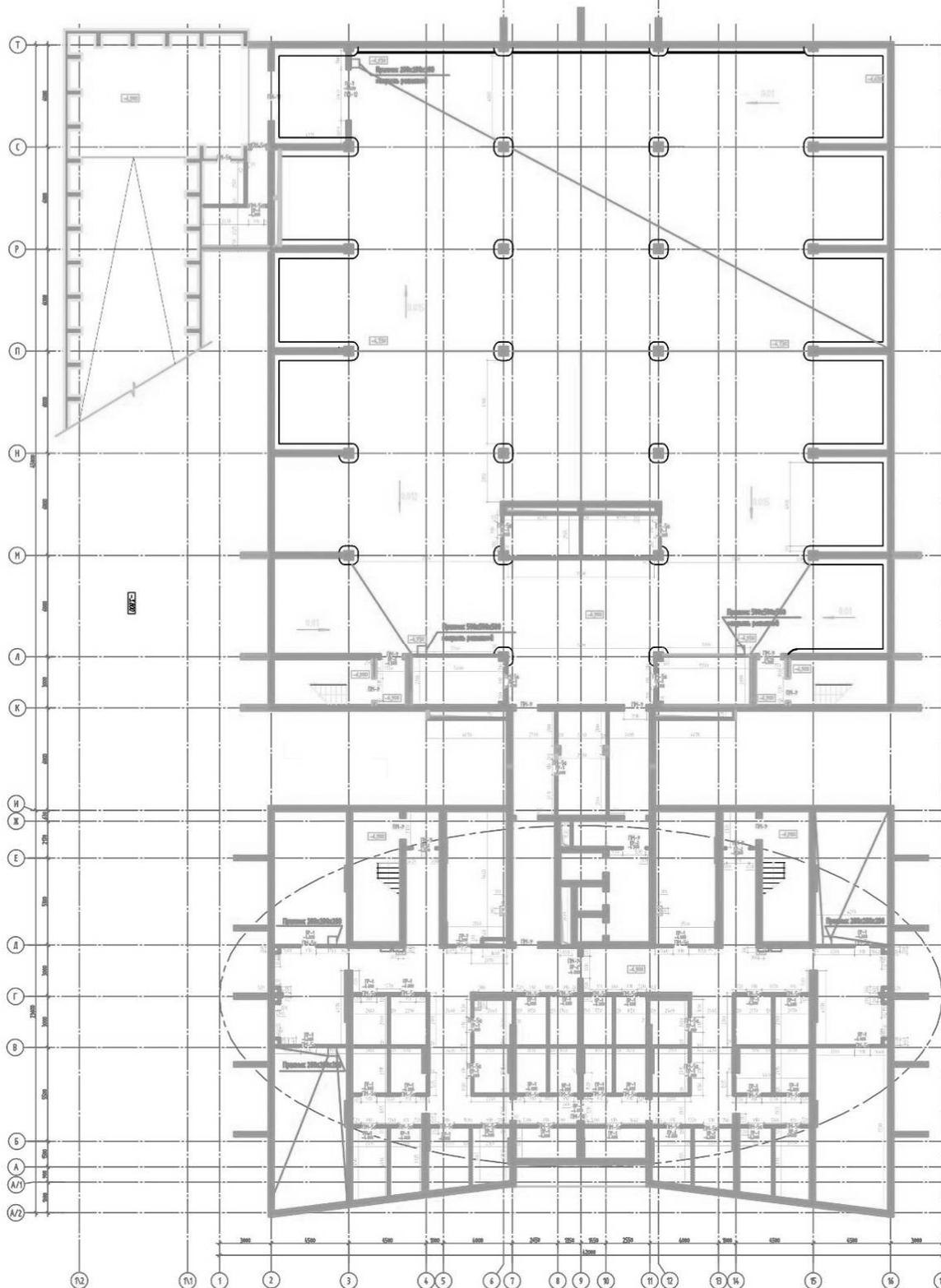


Рис.10.12. Схема плана подвала здания повышенной этажности, к примеру мониторинга в г. Казани

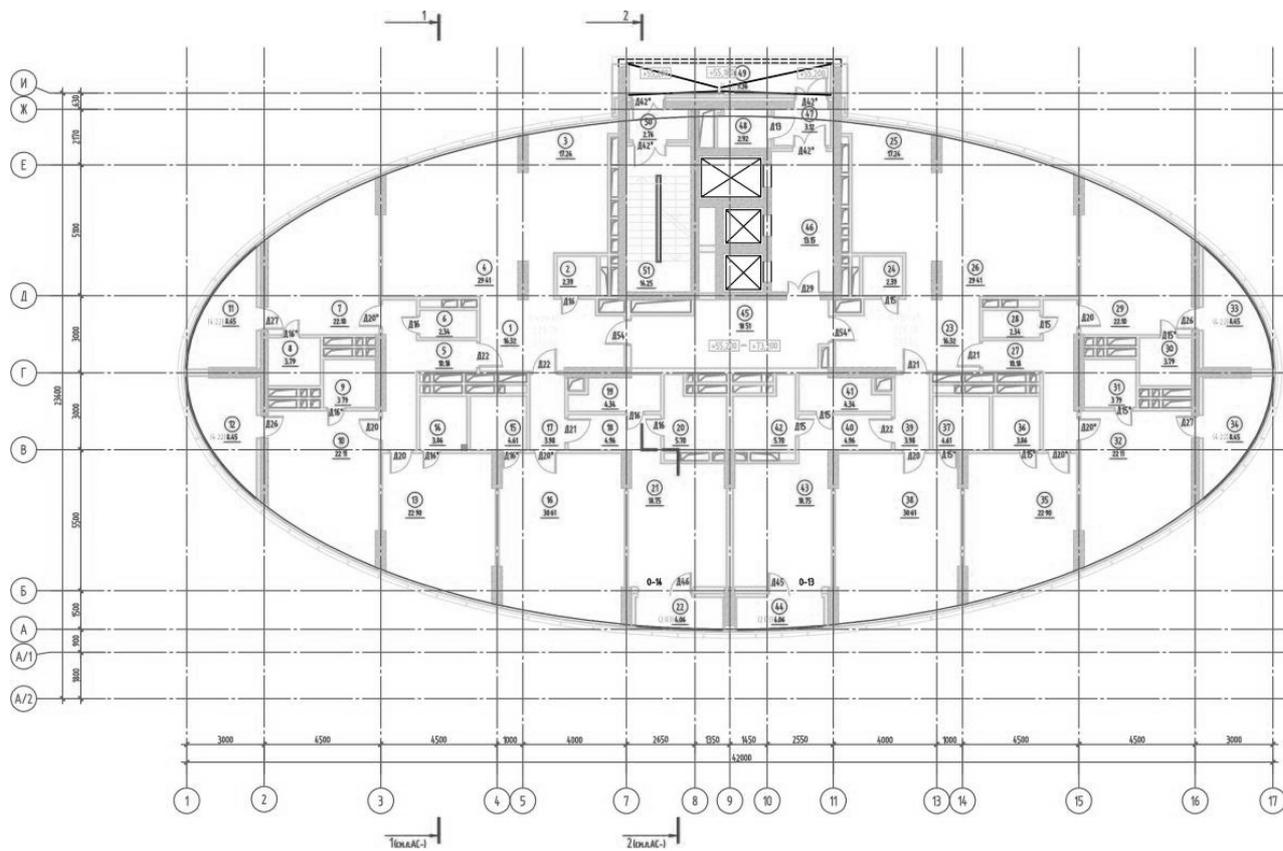


Рис.10.13. План первого этажа высотной части здания, к примеру мониторинга в г. Казани

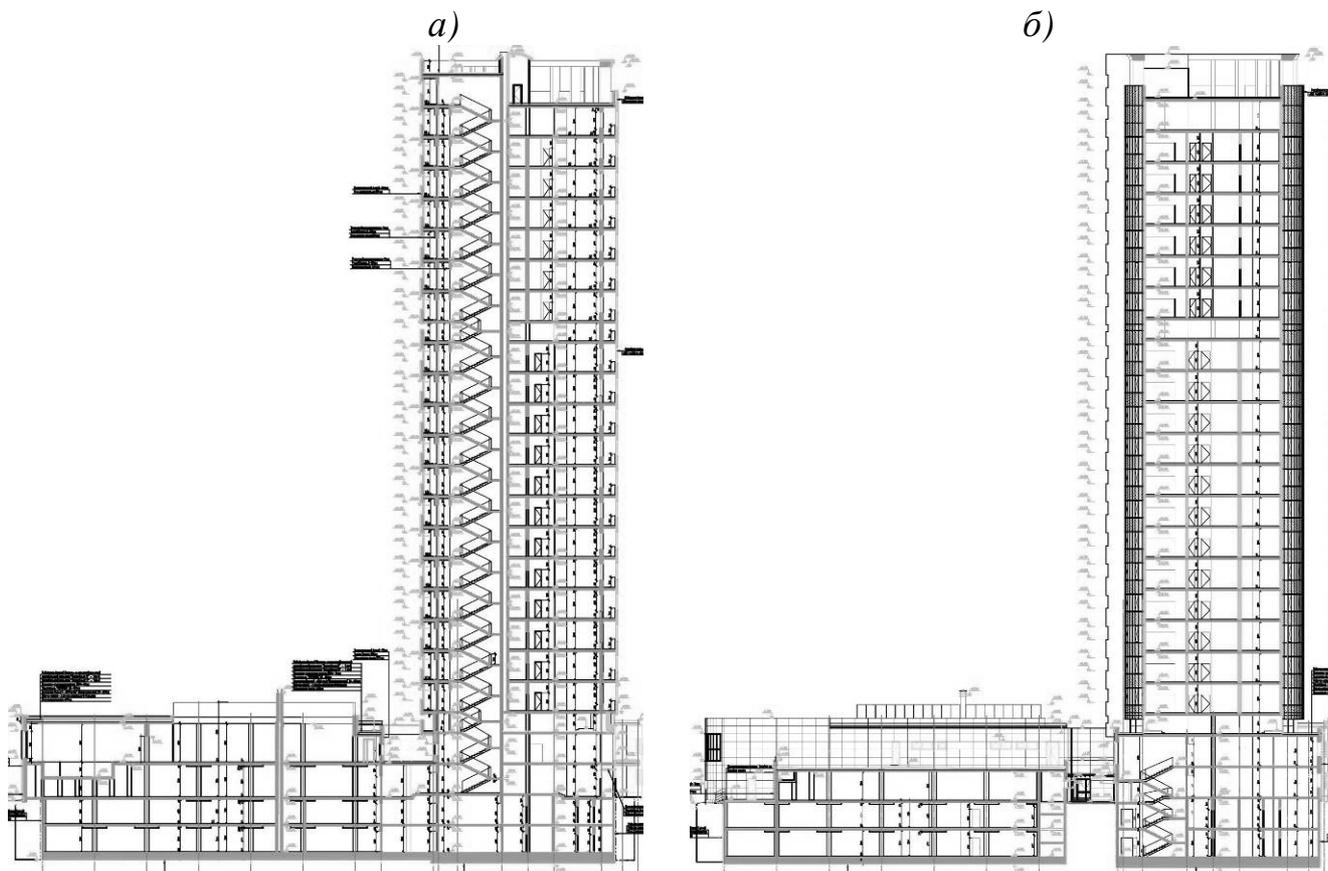


Рис. 10.14. Поперечные разрезы по зданию: а – 1-1 и б – 2-2, к примеру мониторинга в г. Казани

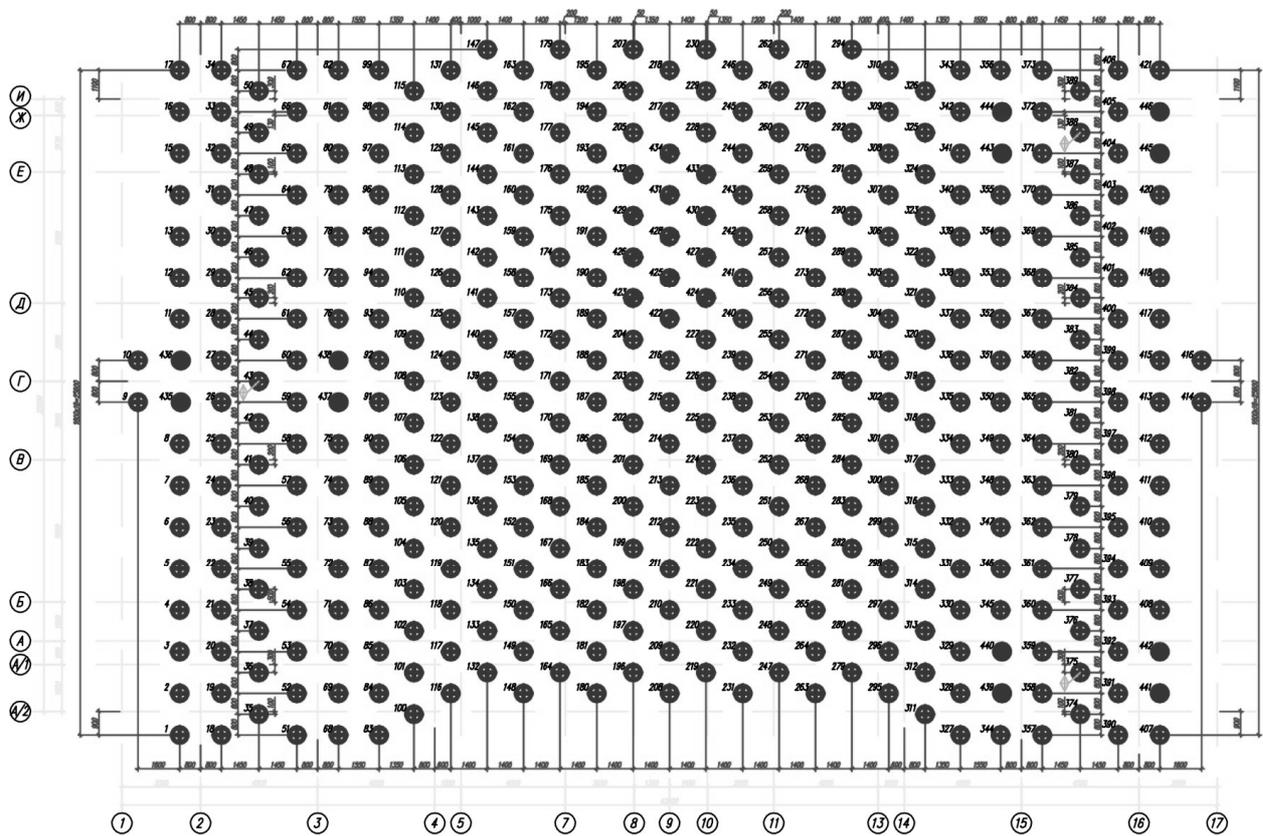


Рис.10.15. План свайного поля, к примеру мониторинга в г. Казани

а) б) в) г)

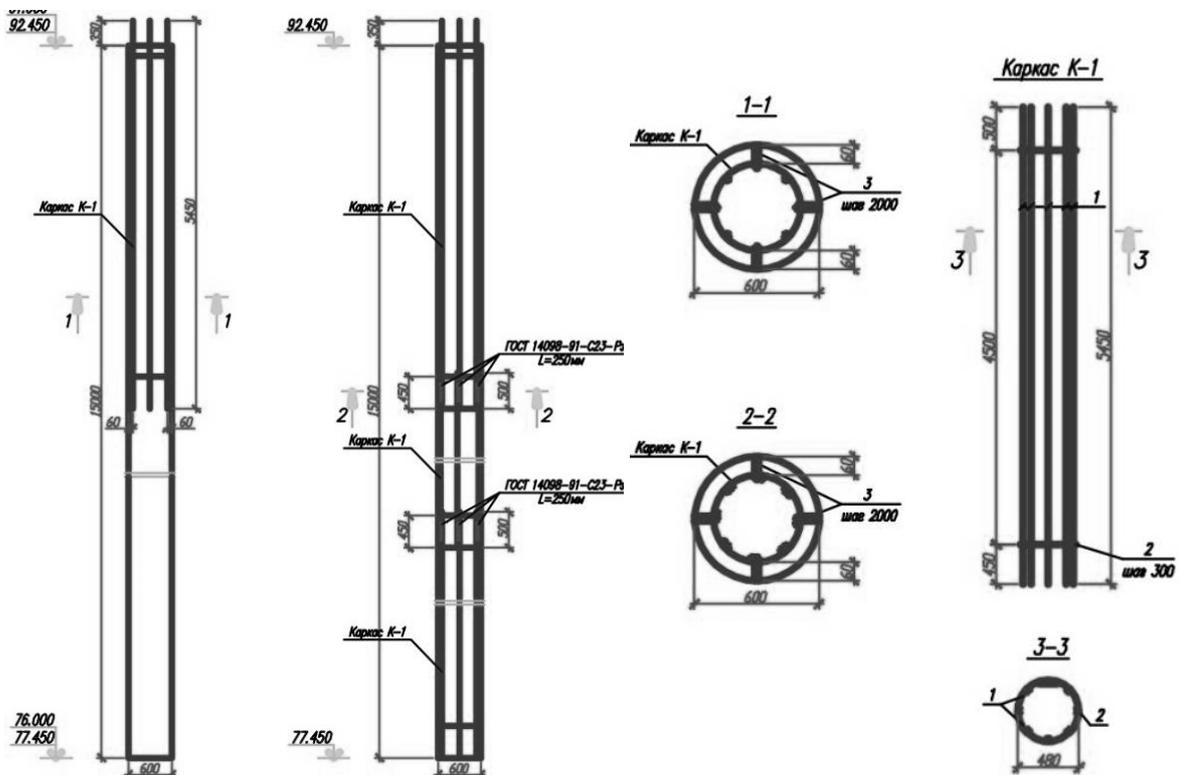


Рис.10.16. Конструкции: буронабивных свай БС-1 (а) и БС-2 (б); в – поперечные сечения 1-1 и 2-2 по БС-1 и БС-2; г – секции арматурного каркаса К-1 для БС-1 и БС-2

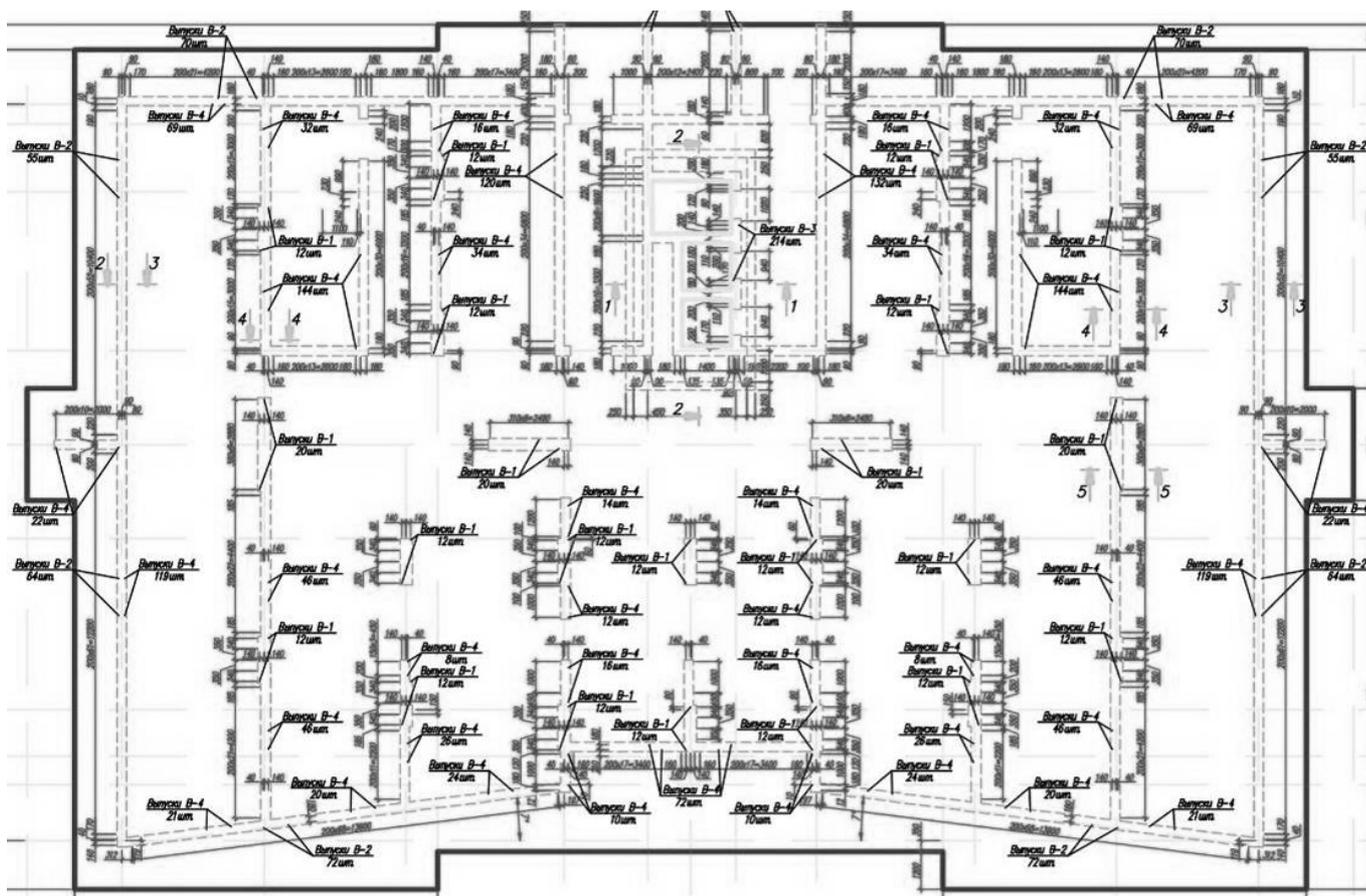


Рис.10.17. Опалубочный план плитного ростверка комбинированного свайно-плитного фундамента (КСПФ)

### 10.2.2.Инженерно-геологические условия площадки строительства под высотное здание в г. Казани (Заказ № 5384, инв. №ИЗ-644-4)

Инженерно-геологические изыскания по объекту «Высотный жилой дом в городе Казани» выполнены для обоснования проектных решений на стадии ПД отделом инженерных изысканий ГУП «Татинвестгражданпроект» в соответствии с техническим заданием по заказу № 5384. По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий толща грунтов основания проектируемых высотного жилого дома и подземного гаража в г. Казани до разведанной глубины 25-50 м является неоднородной, в ее пределах выделяется 9 инженерно-геологических элементов. Несущими грунтами будут служить суглинки полутвердые, твердые ИГЭ № 3а, суглинки тугопластичные ИГЭ № 3б, супеси твердые ИГЭ № 4а, пески пылеватые ИГЭ № 5 и пески мелкие ИГЭ №№ 6 и 6а, пески средней крупности ИГЭ №№ 7 и 7а. Насыпные грунты ИГЭ № НС при проектируемой глубине заложения фундаментов 4,1–4,5 м попадают под срезку и не будут служить основанием проектируемого сооружения.

В случае применения свайных фундаментов рекомендуется руководствоваться частными значениями предельного сопротивления забивных свай по набору глубин и несущей способности свай при заданных заглублениях. Для уточнения несущей способности свай рекомендуется выполнить их испытание

статическими нагрузками, согласно СП 11-105-97 и ГОСТ 20276-85. На период бурения скважин – октябрь – ноябрь 2009 г., на площадке встречен один четвертичный водоносный горизонт, вскрытый на глубине 41,5-43,8 м (абс. отметки 55,82 – 56,0 м БС). Установившийся уровень зафиксирован на тех же глубинах и абсолютных отметках.

Водовмещающими грунтами являются пески мелкие и средней крупности ИГЭ №№ 6а, 7а. Вскрытая мощность водоносного горизонта – 7,2–8,5 м. Водоупор не вскрыт.

Горизонт грунтовых вод имеет тесную гидравлическую связь с гидрогеологическим режимом р.Казанки, который в свою очередь зависит от гидрологического режима Куйбышевского водохранилища у г. Казани.

Степень агрессивного воздействия грунтов ниже уровня грунтовых вод на конструкции из углеродистой стали – слабоагрессивная (рН- 7,4 – 7,7; суммарная концентрация сульфатов и хлоридов 0,73 – 0,78 г/л), согласно [9]. По степени морозоопасности, определенной по влажности грунтов в соответствии с п. 2.136 т.36 «Пособия ... к СНиП 2.02.01-83», грунты являются: ИГЭ № 3а – слабопучинистые (параметр  $R_f \times 10^2 = 0,12$ ); ИГЭ № 3б – сильнопучинистые (параметр  $R_f \times 10^2 = 0,86$ ); ИГЭ № 4а – слабопучинистые (параметр  $R_f \times 10^2 = 0,48$ ). Глубина сезонного промерзания для суглинков принимается согласно «Пособию...к СНиП 2.02.03» – 1,7 м.

Характер размокания суглинка полутвердого, твердого ИГЭ № 3а – быстрый и очень быстрый, суглинка тугопластичного ИГЭ № 3б – очень медленный, супеси твердой ИГЭ № 4а – очень быстрый и мгновенный (приложение 5.8).

Суглинки ИГЭ № 3а обладают слабо-сильнонабухающими свойствами (величина относительного свободного набухания суглинков – 0,04 – 0,15, среднее значение 0,10; влажность набухания суглинков – 0,24 – 0,31, среднее значение – 0,27); суглинки ИГЭ № 3б обладают слабонабухающими свойствами (величина относительного свободного набухания суглинков – 0,06; влажность набухания суглинков – 0,26); супеси ИГЭ № 4а обладают слабо-сильнонабухающими свойствами (величина относительного свободного набухания супеси – 0,07 – 0,18, среднее значение 0,13; влажность набухания супеси – 0,23 – 0,31, среднее значение – 0,29).

По совокупности факторов, указанных в обязательном приложении «Б» СП 11-105-97, площадка изысканий относится к III категории сложности инженерно-геологических условий (более 4 ИГЭ в инженерно-геологическом разрезе, наличие набухающих грунтов, наличие сильноагрессивных насыпных грунтов).

Отрицательных физико-геологических явлений на площадке проектируемого сооружения не выявлено. Непосредственно на участке изысканий и прилегающей территории поверхностных проявлений карста нет.

В административном отношении площадка изысканий расположена в г. Казани. В геоморфологическом отношении она расположена в пределах III надпойменной террасы левобережья реки Волги. В геологическом строении площадки принимают участие аллювиально-делювиальные нижне-среднечетвертичные отложения, перекрытые современными техногенными отложениями в соответствии с табл.10.1.

Таблица 10.1

Геолого-литологическое строение ИГЭ площадки  
по сводному инженерно-геологическому разрезу до глубины 25–50 м

Геолог. возраст	№№ ИГЭ	Описание грунтов	Мощность ИГЭ, м	
			от	до
1	2	3	4	5
$tQ_{IV}$	НС	Насыпной грунт супесчано-суглинистый, участками – песчаный, коричневый, с включением строительного мусора до 5-60%, строительный мусор, слежавшийся, кладка из красного кирпича на известково-цементном растворе, на отдельных участках перекрыт щебнем и асфальтом	0,2	3,6
$adQ_{I-II}$	3а	Суглинок полутвердый, твердый, коричневый, прослоями темно-коричневый, с прожилками ожелезнения, опесчаненный, слабоизвестковистый, в отдельных интервалах с прослоями и линзами песка и супеси	0,3	9,5
- « -	3б	Суглинок тугопластичный, коричневый, темно-коричневый, ожелезненный, опесчаненный, в отдельных интервалах с прослоями супеси пластичной	0,5	4,5
- « -	4а	Супесь твердая, коричневая, светло-коричневая, слюдистая, с пятнами ожелезнения, с тонкими линзами и прослоями песка	0,5	7,0
- « -	5	Песок пылеватый, светло-коричневый, маловлажный, прослоями глинистый, в отдельных интервалах с линзами супеси твердой, плотный	0,3	4,6
- « -	6	Песок мелкий, маловлажный, прослоями глинистый, слабоожелезненный, плотный	1,7	4,0
- « -	7	Песок средней крупности, светло-коричневый, серовато-светло-коричневый, маловлажный и влажный, плотный	1,8	9,1
- « -	6а	Песок мелкий, водонасыщенный, светло-коричневый, слабоожелезненный, плотный	1,5	3,0
- « -	7а	Песок средней крупности, светло-коричневый, желто-коричневый, водонасыщенный, с гнездами ожелезнения, плотный	5,5	6,9

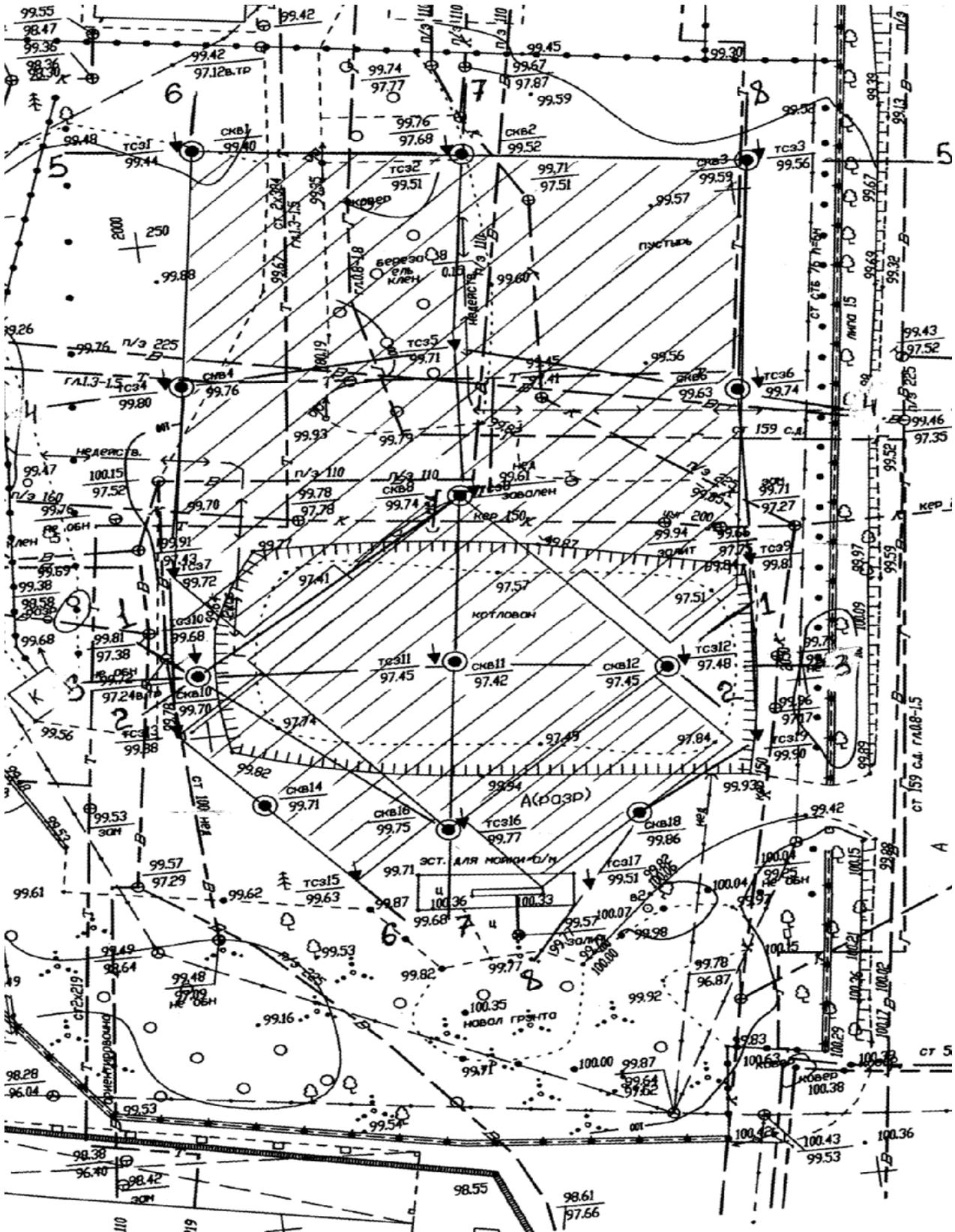


Рис.10.18. Схема плана строительной площадки с нанесенными инженерно-геологическими выработками и разрезами 1-1...8-8 в г. Казани

## Инженерно-геологический разрез 2-2

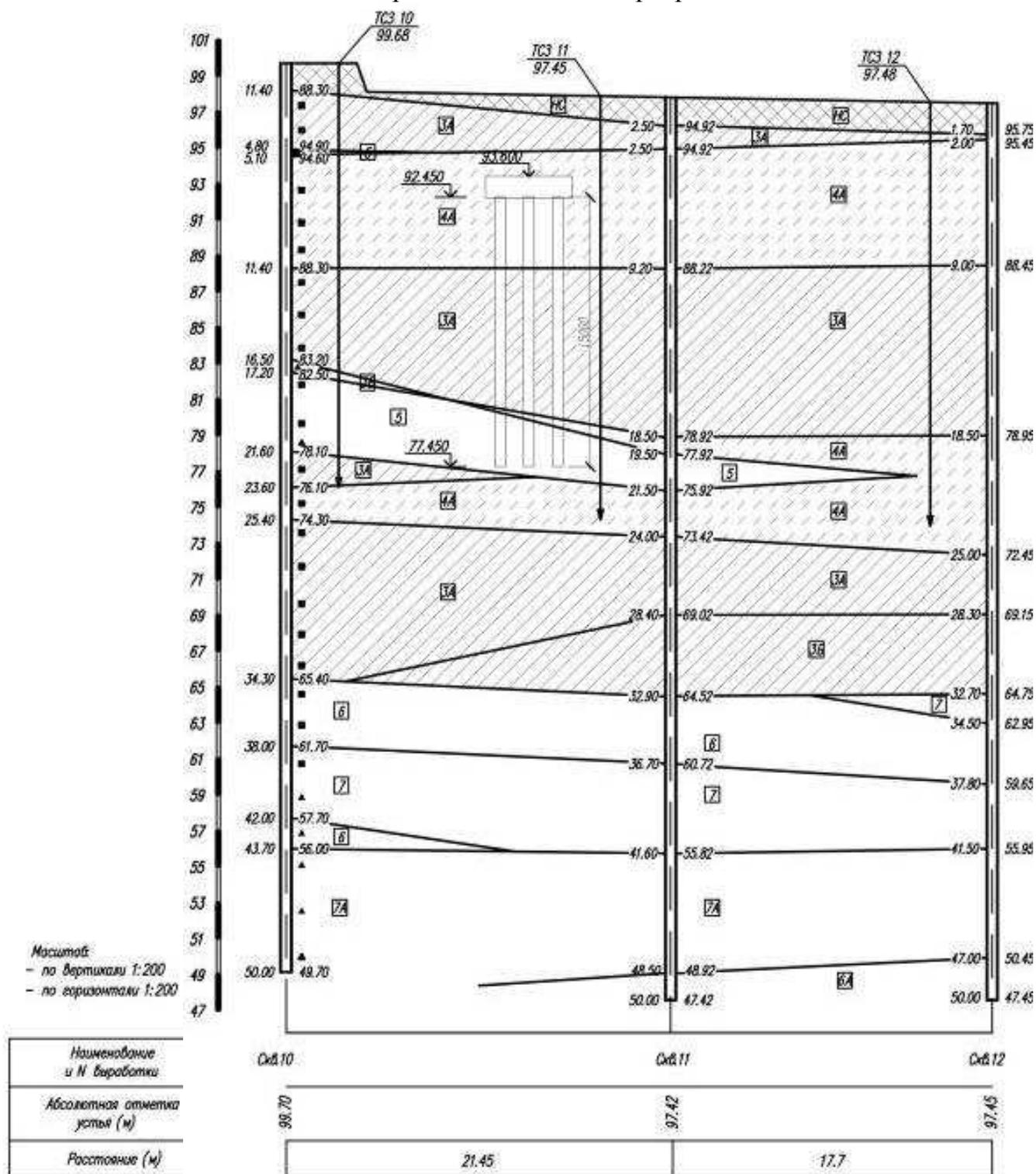


Рис.10.19. Инженерно-геологический разрез 2-2, совмещенный с масштабированной схемой проектного расположения конструкций свайно-плитного фундамента (КСПФ) высотного здания в г. Казани

### 10.2.3. Пример оформления программы геотехнического мониторинга высотного здания в г. Казани

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

#### ПРОГРАММА

по созданию, установке и эксплуатации системы инструментального мониторинга основных несущих конструкций, ответственных за надежность и безопасность высотного здания

Наименование объекта.... – Высотный жилой дом в г. Казани, РТ  
Заказчик объекта..... – ОАО «Татнефть»  
Генпроектировщик..... – ГУП «Татинвестгражданпроект». Заказ №5384  
Инструментальный мониторинг, в том числе:  
-геодезический..... – отдел инженерных изысканий ГУП ТИГП;  
-инженерно-технический.... – специалисты ГУП ТИГП; КГАСУ; НИИОСП им. Н.М. Герсевича; ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

**Целью** создания, установки и эксплуатации системы инструментального мониторинга основных несущих конструкций, ответственных за надежность и безопасность здания, является: проведение системного, долговременного контроля постоянных и временных нагрузок; контроль возникающих при этом напряжений и усилий в опасных сечениях элементов несущих конструкций для установления соответствия фактического напряженно-деформированного состояния конструкций расчетным данным; упреждающее обнаружение критических и предаварийных ситуаций; контроля перемещений и деформаций конструкций фундаментов и остова высотной и двухэтажной с подвалом частей здания.

**Задачи** системы инструментального мониторинга: выбор и назначение основных конструктивных элементов – объектов контроля для наблюдения за ними; определение в выбранных конструктивных элементах опасных сечений и назначение опасных точек для инструментальных измерений; разработка методов определения контролируемых параметров; выбор серийных или разработка индивидуальных технических средств контроля, изготовление и установка их на объекте; проведение инструментальных измерений, фотографического фиксажа и визуальных наблюдений в режиме реального времени; поэтапная и итоговая обработка полученных данных; оценка технического состояния отдельных конструкций и здания в целом путем сопоставления (анализа) натурных наблюдений с результатами расчетов или критериальными характеристиками; предупреждение и оперативное устранение негативных процессов при научно-техническом сопровождении и геотехническом мониторинге на объекте.

## **Объем мониторинга высотного здания**

### Подземная часть здания:

- сопоставительная проверка достоверности выполненных в предпроектный период инженерно-геологических изысканий;
- контроль перемещений и отклонений конструкций ограждения глубокого котлована и оседания поверхности грунта пределами контура котлована в зоне влияния;
- контроль осадки, перемещений и отклонений комбинированного свайно-плитного (КСП) фундамента от вертикальных, горизонтальных нагрузок и моментов на всех этапах возведения и эксплуатации здания;
- контроль напряженного состояния грунта в основании комбинированного свайно-плитного (КСП) фундамента на всех этапах возведения и эксплуатации здания.

### Надземная часть здания:

- контроль вертикальных и горизонтальных перемещений и отклонений основных несущих конструкций остова, включая: колонны; пилоны; диафрагмы и ядра жесткости; междуэтажные плиты перекрытий и покрытия;
- контроль напряженного состояния основных несущих конструкций остова, включая: колонны; пилоны; диафрагмы и ядра жесткости; междуэтажные плиты перекрытий и покрытия;
- контроль распределения и интенсивности ветровой нагрузки.

## **Особые условия мониторинга высотного здания**

Особое внимание напряженно-деформированному состоянию строительных конструкций высотного 24-этажного здания, расчетной высоты  $h_{зд.} = 81,65 + 0,65 = 82,30 \text{ м} > 75,00 \text{ м}$  (от уровня планировочной земли прилегающей к зданию территории, стоянки пожарной спецтехники (на отм.  $-0,65 \text{ м}$ , соответствующей абсолютному значению  $99,750 \text{ м}$  по БС) до уровня вертикальной отметки низа подоконника эвакуационного проема последнего эксплуатируемого этажа (на отм.  $+85,650$ , соответствующей абсолютному значению  $186,050 \text{ м}$  по БС) высотного здания при мониторинге необходимо уделить: контролю напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций: ограждения глубокого котлована; комбинированного свайно-плитного фундамента (КСПФ) и несущих конструкций остова.

Принимая во внимание уникальность, уровень ответственности и сложность объекта, мониторинг необходимо проводить с момента начала и проведения работ в подземной части высотного здания и далее в течение всего периода возведения и не менее 2 (двух) лет после окончания строительства и ввода в эксплуатацию [2].

Таблица 10.2

Предельные расчетные значения деформаций, нагрузок, усилий, напряжений в массиве грунта и конструктивных элементах здания

№ пп.	Наименование контролируемых элементов	Един. изм.	Количество (заполняется проектировщиком)		Обоснование нормируемой характеристики
			По расчету	По СП	
1.	Предельная величина абсолютной осадки « $S$ » комбинированного свайно-плитного фундамента (КСПФ)	<i>см</i>	7,7	12	СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений, приложение 4, п. 1
2.	Неравномерность осадок комбинированного свайно-плитного фундамента (КСПФ), « $\Delta S$ » : – продольное направление: – поперечное направление:	<i>б./р.</i>	– –	0,004 0,004	СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений, приложение 4, п. 1
3.	Предельная величина абсолютной осадки « $S$ » комбинированного свайно-плитного фундамента (КСПФ) во времени: – после возведения подземной части, включая КСПФ и два подземных этажа..... – после возведения двух надземных этажей высотной части и стиллоблатного пристроя..... – после возведения высотной части здания до второго технического этажа на отм. +52,80 м.. – после возведения высотной части здания до проектной отм. парапета +85,50 м..... – через календарный месяц после завершения строительства..... – через три календарных месяца после завершения строительства..... – через шесть календарных месяцев после завершения строительства.....	<i>см</i>	3 3,7 6,6 7,7		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– через двенадцать календарных месяцев после завершения строительства.....</li> <li>– через восемнадцать календарных месяцев после завершения строительства.....</li> <li>– через двадцать четыре три календарных месяцев после завершения строительства.....</li> </ul>				
4.	Горизонтальные перемещения ограждения котлована, стен, контрфорсов от действия бокового давления грунта, вдоль наружных стен по осям:	<i>см</i>			
5.	<p>Усилия и напряжения в конструктивных КСП и элементах железобетонного каркаса подземной и надземной части здания, по перечню:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– буронабивные сваи БНС...</li> <li>– плитный ростверк КСП...</li> <li>– пилоны и колонны подвала.....</li> <li>– стены подвала.....</li> <li>– пилоны и колонны надземной части высотки.....</li> <li>– стены ядра жесткости в подвале и надземной части высотки.....</li> <li>– плиты междуэтажных перекрытий и покрытия.....</li> </ul>	<p><i>кН</i></p> <p><i>кПа</i></p>			
6.	Крен фундамента	<p>по x</p> <p>по y</p>	<p>0,000016</p> <p>0,0017</p>		
7.	Горизонтальное перемещение верха здания от действия ветровой нагрузки, включая пульсирующую составляющую.....	<p><i>см</i></p> <p>по x</p> <p>по y</p>	<p>0,4</p> <p>5,4</p>	16,8	84000/500

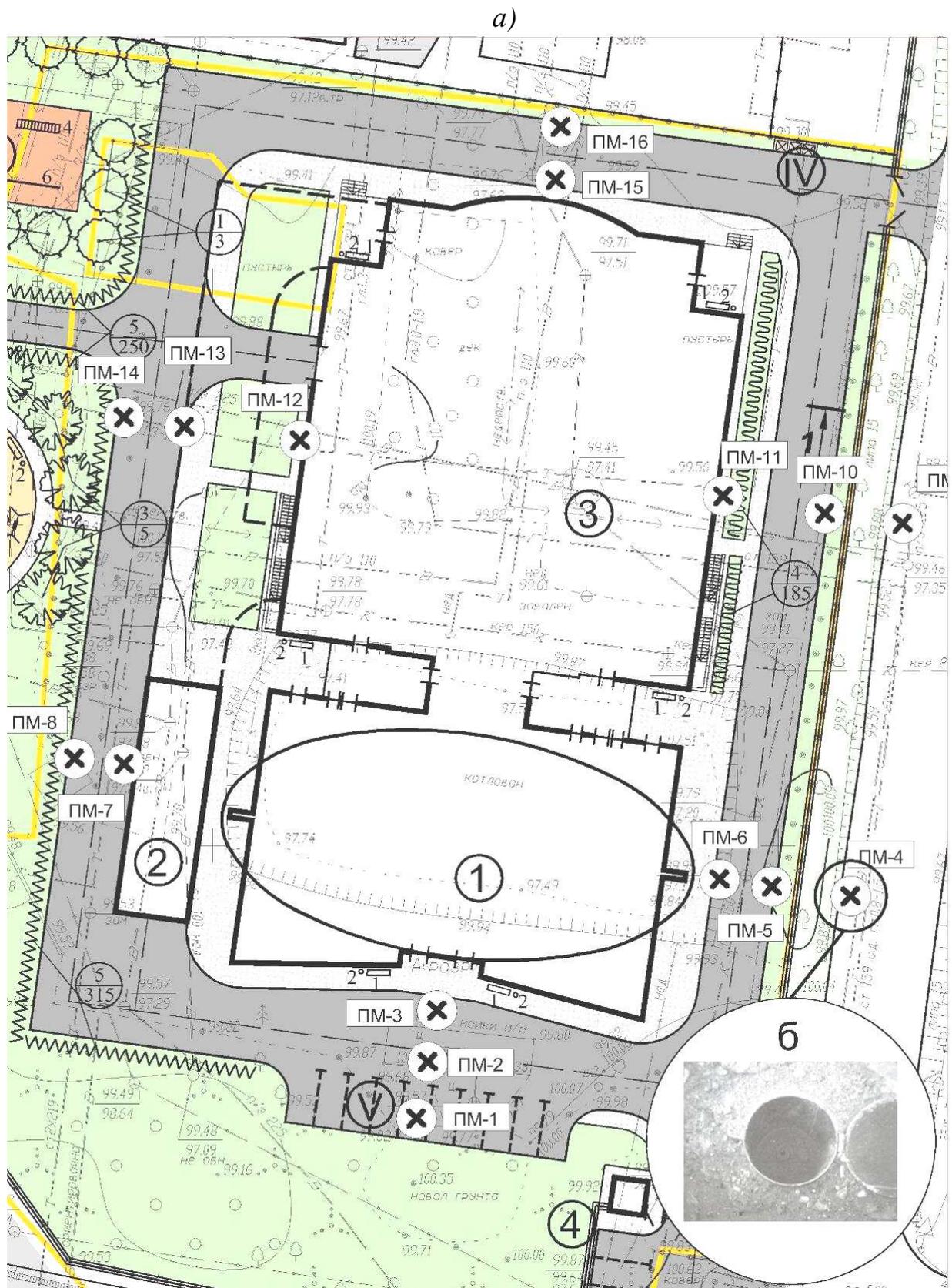


Рис.10.20. Схема генплана с местами расположения поверхностных марок ПМ:  
 а – в зоне асфальтового покрытия; б – вид глубинной марки сверху

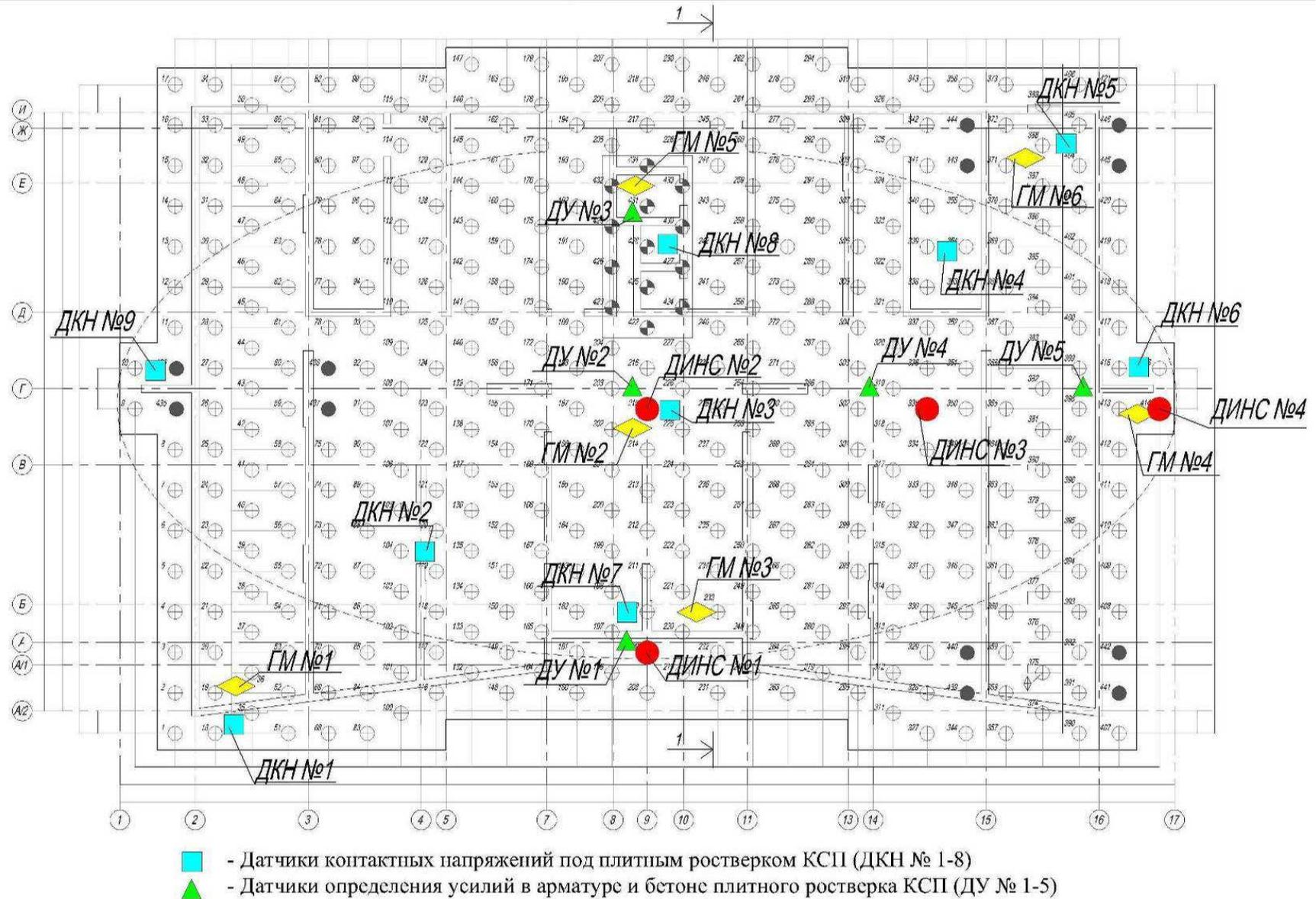
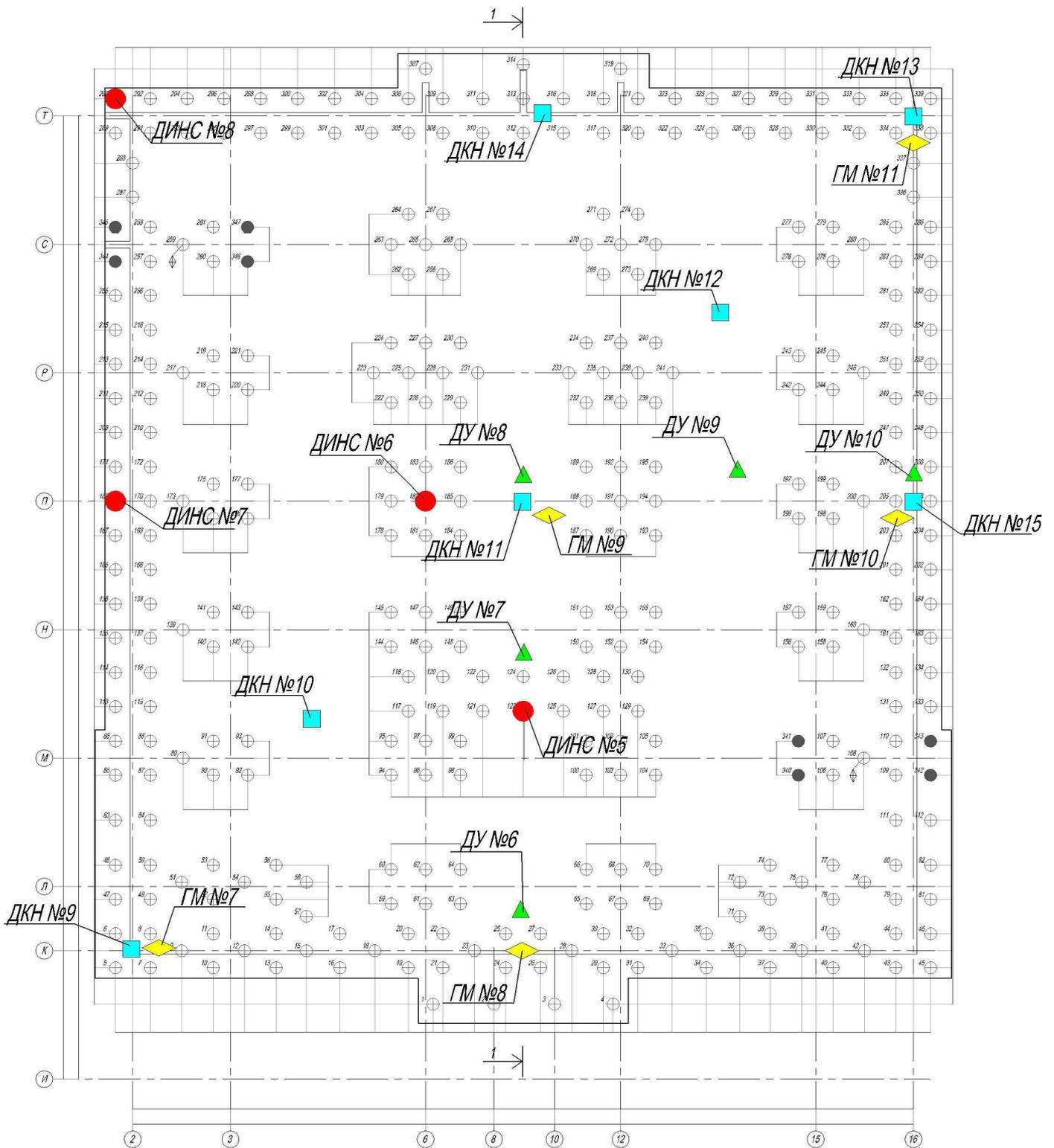


Рис.10.21. Схема плана свайного поля комбинированного свайно-плитного фундамента высотной части объекта с размещением датчиков при мониторинге возводимого здания в г. Казани



- - Датчики контактных напряжений под плитным ростверком КСП (ДКН № 9-15)
- ▲ - Датчики определения усилий в арматуре и бетоне плитного ростверка КСП (ДУ № 6-10)
- ◆ - Скважины для наблюдения за послойными деформациями грунта в межсвайном пространстве КСП (ГМ № 7-11)
- - Сваи, оборудованные датчиками измерения напряжений в арматуре и бетоне (ДИНС № 5-8)

Рис.10.22. Схема плана стилобатной части свайного поля комбинированного свайно-плитного фундамента с размещением датчиков при мониторинге возводимого высотного здания в г. Казани

## Разрез 1-1

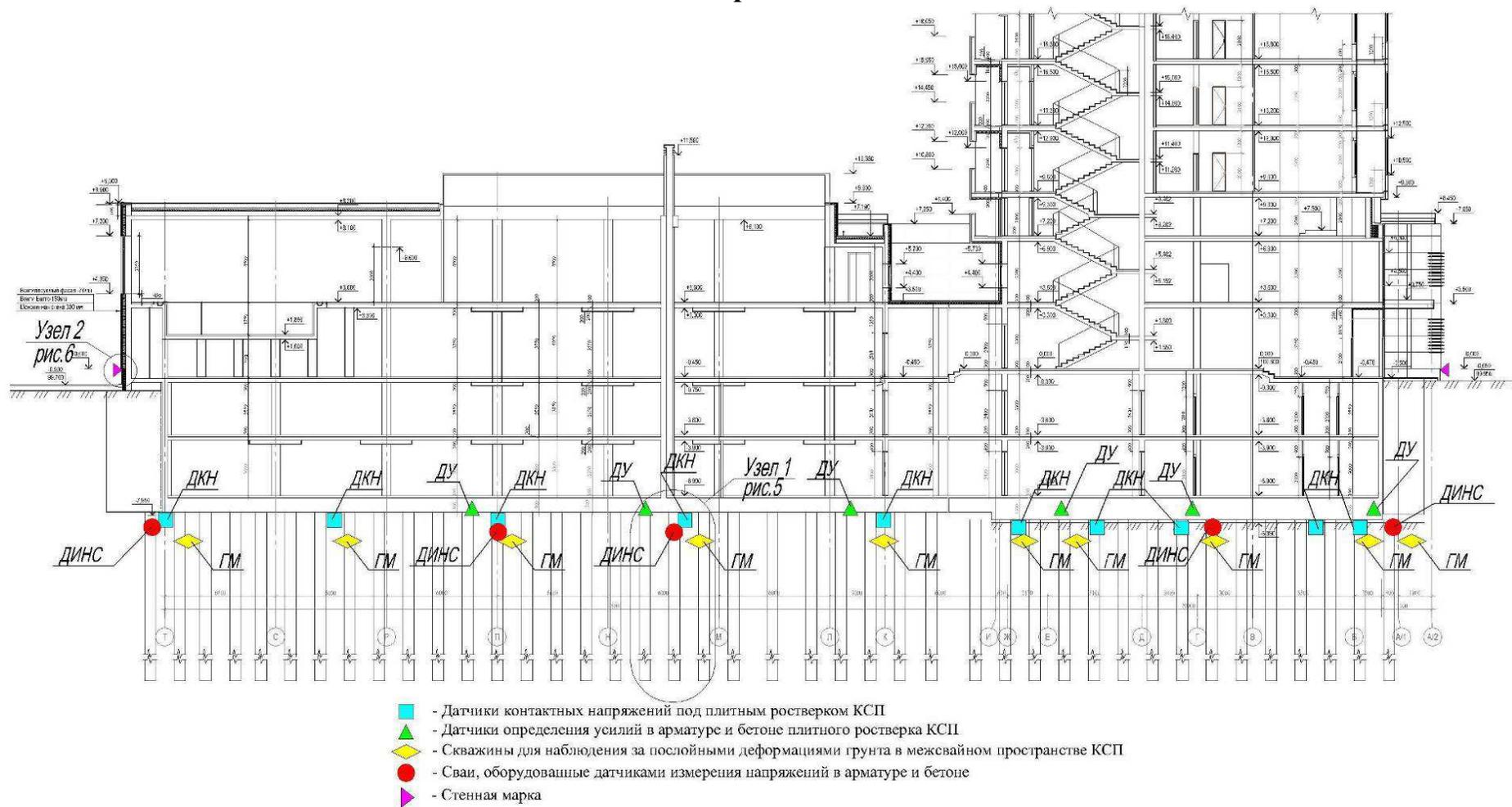


Рис.10.23. Схема фрагмента разреза 1-1 подземной части с местами расположения датчиков и марок для инструментального мониторинга высотного здания в г. Казани

Узел № 1 к разрезу 1-1 на рис.10.23

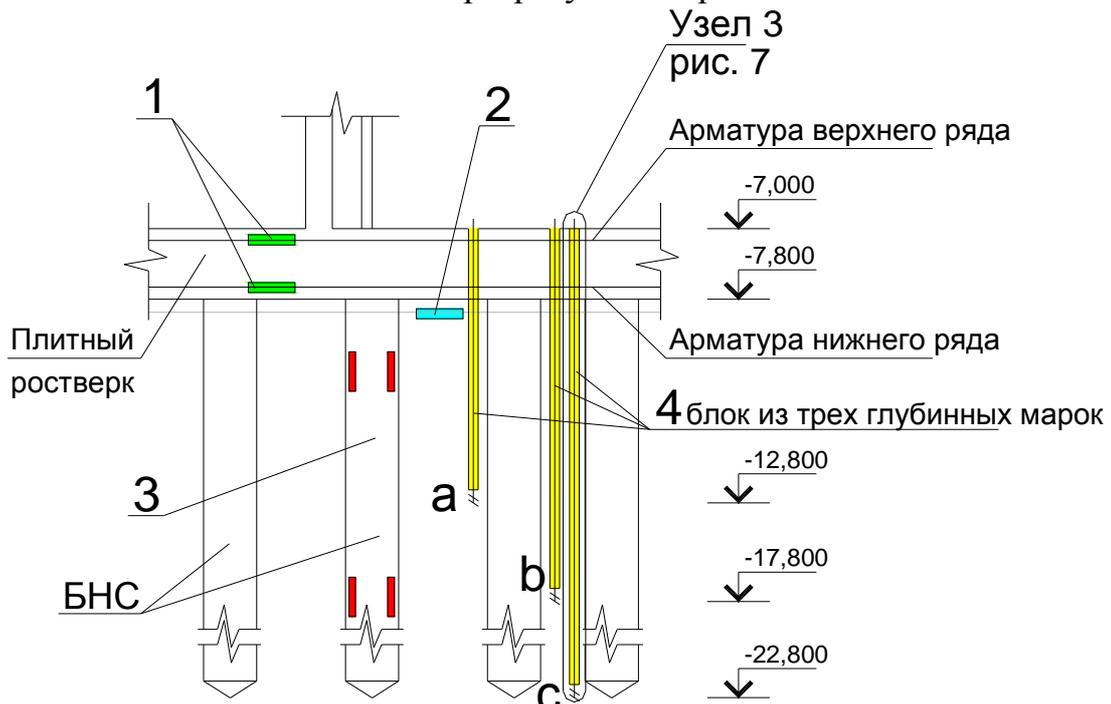


Рис.10.24. Схема установки датчиков и марок для инструментального мониторинга КСПФ: 1 – датчики определения усилий в арматуре обоих направлений и бетоне плитного ростверка КСПФ (рис. 10.21–10.23); 2– датчики контактных напряжений под плитным ростверком КСПФ (рис.10.21–10.23); 3 – свая, оборудованная датчиками измерения напряжений в арматуре и бетоне (рис.10.21–10.23); 4 – скважины для наблюдения за послойными деформациями грунта в межсвайном пространстве КСПФ

Узел № 2 к разрезу 1-1 на рис.10.23

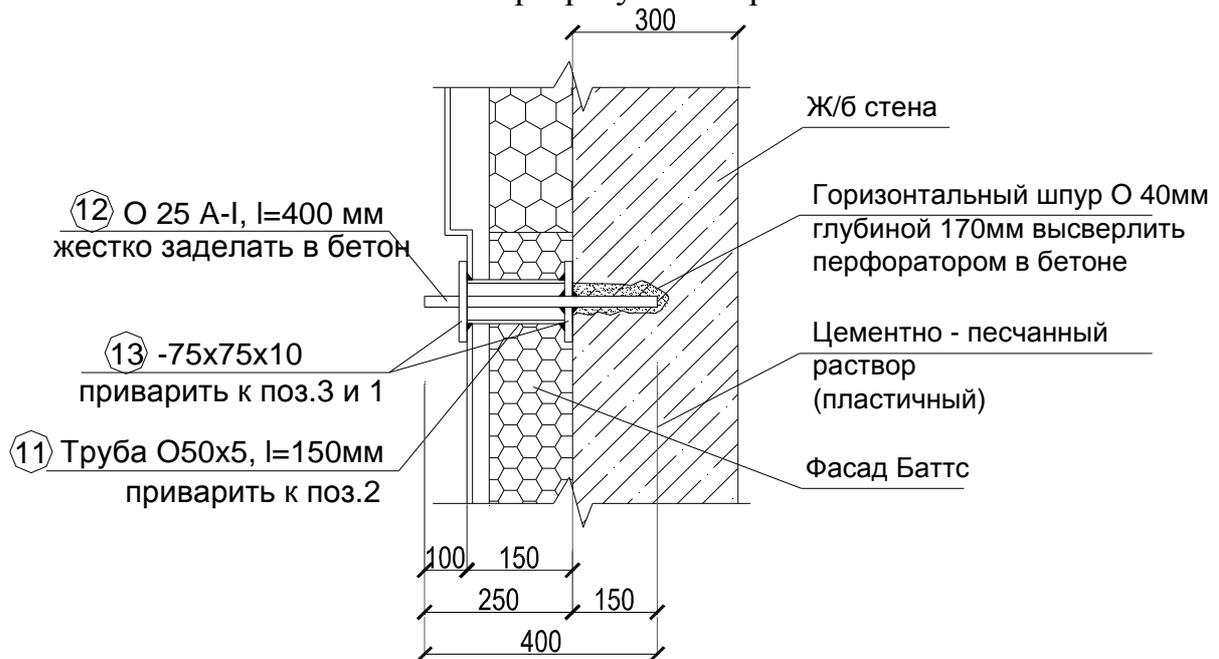


Рис.10.25. Схема установки стенной марки на стене здания

Узел № 3 к разрезу 1-1 на рис.10.23

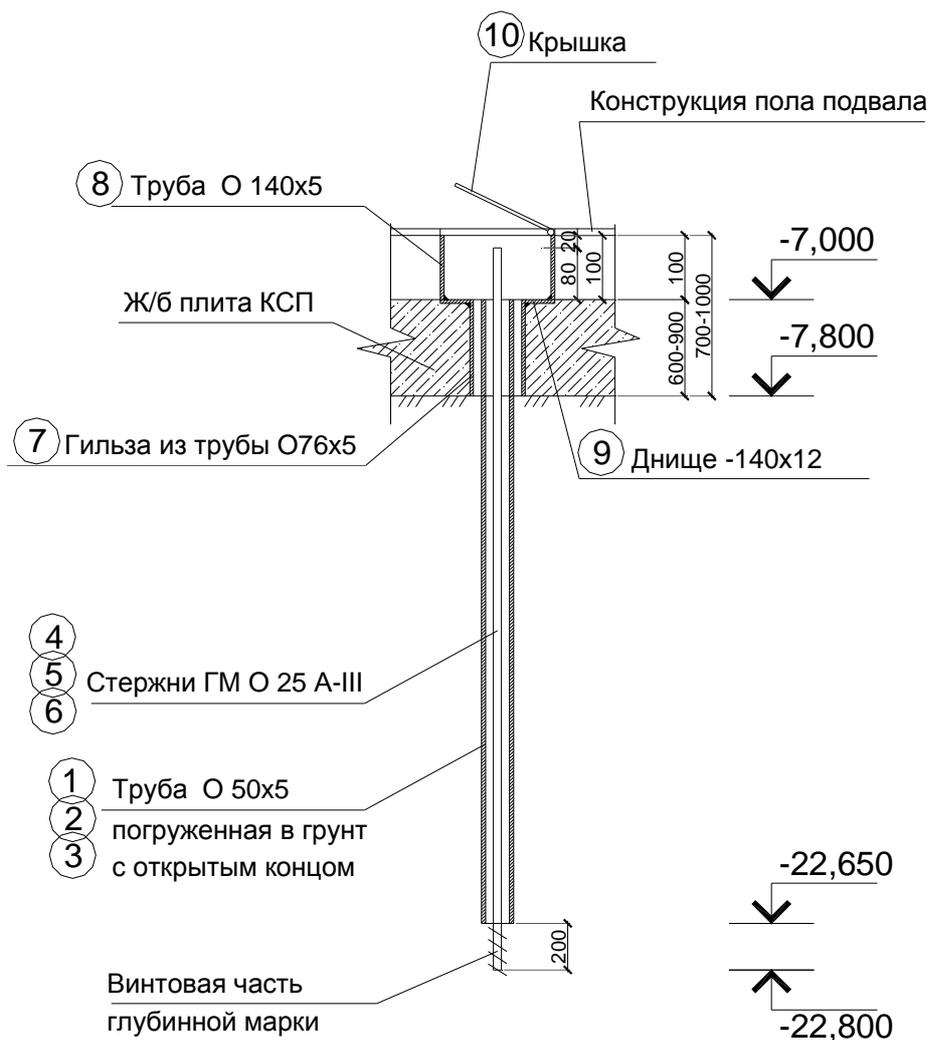


Рис.10.26. Схема устройства скважины для наблюдения за послойными деформациями грунта в межсвайном пространстве КСПФ

Узел № 4 к плану на рис.10.22 и разрезу 1-1 на рис.10.23

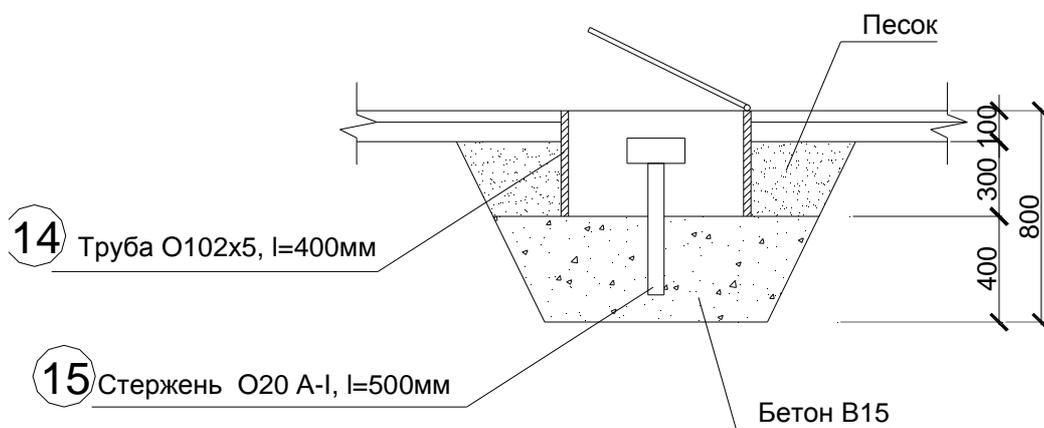


Рис.10.27. Схема устройства поверхностной марки

**ГРАФИК**  
мониторинга, порядок и последовательность установки  
технических средств контроля (ТСК)

Таблица 10.3

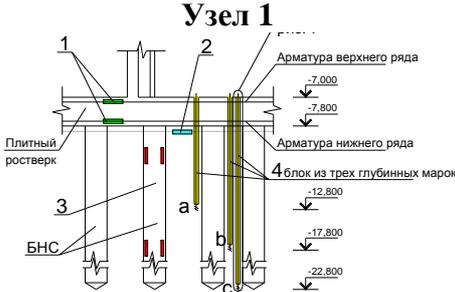
№ пп.	Измеряемый параметр при мониторинге	Наименование:		Время начала или технологический период проведения инструментального наблюдения за техническими средствами контроля
		несущего конструктивного элемента каркаса	технического средства контроля и рекомендуемых измерительных приборов	
Мониторинг деформаций грунтового массива по глубине при помощи глубинных марок, поверхности грунта, прилегающей к зданию зоны влияния и откосов котлована:				
1.	Осадка вдоль вертикальной оси OZ, горизонтальные перемещения по осям OX и OY, а также крен вертикальной оси здания повышенной этажности	Массив грунта между сваями КСПФ и в основании подошвы свайного поля	1. Постоянные геодезические пронумерованные на схемах рис.2 и 3 глубинные марки (ГМ № 1а, 1в, 1с...11а, 11в, 11с, соответственно, длиной а – 5,8 м, в – 10,8 м, с – 15,8 м в каждом из группы установленных ГМ общей численностью 33 марки на все здание). ГМ устанавливаются в сквозные отверстия в плитном ростверке через стальные гильзы из труб диаметром 75 мм. ГМ – выполнить из стальных арматурных стержней d=25мм, расчетных длин в каждой группе: а – 8м, в – 10,8м, с – 15,8м. Для исключения влияния посторонних факторов на ГМ в полу и плите предусматривается устройство: приемка с крышкой; гильзы; обсадной трубы. Стержень ГМ диаметром 25 мм вставлен (встроен) в стальную трубу диаметром 50 мм. Продольную жесткость относительно гибкого стержня ГМ рекомендуется обеспечить за счет размещения вдоль длины, с расчетным шагом 1500 мм, пластиковых фиксаторов, используемых в строительстве для обеспечения защитного слоя бетона. Диаметр фиксатора принять на 2-3 мм меньшим внутреннего диаметра обсадной трубки ГМ. Результаты мониторинга, в соответствии с графиком наблюдений, регистри-	Глубинные геодезические марки «ГМ» устанавливаются с проектной отметки дна котлована (Заказ № 5384-АС) перед началом устройства плитного ростверка КСП (базисный отчет). Измерения деформаций осадки производить по следующему графику: А) Базисный (первый) отчет. С проектной отметки дна котлована перед началом устройства плитного ростверка КСПФ. Б) После выполнения работ по устройству плитного ростверка КСПФ. В) По каждому из этапов после возведения конструкций остова подвальных и надземных этажей от первого до последнего. Г) После возведения конструкций наружных ограждений стен и навесных систем на фасадах. Д) После завершения работ по устройству конструкций кровли. Е) После монтажа облицовки колонн, инженерного оборудования, навешенного на остов.

			<p>руются в специальном журнале.</p> <p>2. Для наблюдения за деформациями «ГМ» рекомендуется использовать: нивелир, теодолит, геодезическую рейку, индикаторы часового типа «ИЧ» с ценой деления 0,01 мм, прогибомеры, стальную рулетку.</p>	<p>И) После завершения работ по устройству подсыпки и устройству пола.</p> <p>К) Перед оформлением акта приема-сдачи законченного строительством объекта в эксплуатацию.</p> <p>Л) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующие измерения до полной стабилизации осадки. Не менее двух лет после ввода объекта в эксплуатацию</p>
2.	Осадка поверхности грунта в пределах зоны влияния по периметру здания вдоль оси OZ	<p>Поверхность грунта в пределах зоны влияния по периметру здания с учетом природной отметки земли «NL» и планировочной отметки «DL»</p>	<p>1. Постоянные геодезические пронумерованные поверхностные марки «ПМ», установленные на дневной поверхности земли. Марки выполнить из стальных стержней диаметром <math>d=20</math>мм своим нижним концом они жестко заделаны в свежееуложенный бетон в соответствии со схемой к настоящему документу. Схему расположения поверхностных маяков в плане и на разрезе смотреть на рисунках. Для исключения внешних факторов, влияющих на сохранность «ПМ», рабочая часть торца стержня, на которую устанавливается геодезическая рейка при снятии отчетов, размещена в ограждающем патрубке из стальной трубы диаметром 100 мм с откидной крышкой с винтовым запором.</p> <p>2. Для наблюдения за деформациями «ПМ» рекомендуется использовать: нивелир, теодолит, геодезическую рейку, стальную рулетку, а также при необходимости: индикаторы часового типа «ИЧ» с ценой деления 0,01 мм, прогибомеры.</p>	<p>Поверхностные геодезические марки «ПМ» устанавливаются на поверхности земли в подготовительный период строительства в полном соответствии со схемой размещения, прилагаемой к настоящему документу (Том № 26, Заказ № 5384-АС) перед началом основного периода строительства, установленного проектом организации строительства (ПОС). Измерения вертикальных деформаций осадки прилегающей к зданию поверхности земли производить по следующему графику:</p> <p>А) Базисный (первый) отчет. Перед началом работ по разработке грунта глубокого котлована.</p> <p>Б) После завершения работ по разработке глубокого котлована.</p> <p>В) После завершения работ по устройству буронабивных железобетонных свай (БНС).</p> <p>Г) После выполнения работ по устройству плитного ростверка КСПФ.</p> <p>Д) По каждому из этапов после возведения.</p>

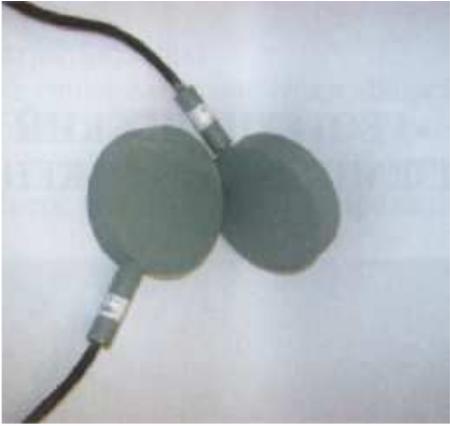
				<p>конструкций остова подвальных и надземных этажей от первого до последнего.</p> <p>Е) После возведения конструкций наружных ограждений стен и навесных систем на фасадах.</p> <p>И) После завершения работ по устройству конструкций кровли.</p> <p>К) После монтажа облицовки колонн, инженерного оборудования, навешенного на остов.</p> <p>Л) После завершения работ по устройству подсыпки и устройству пола.</p> <p>М) Перед оформлением акта приема-сдачи законченного строительством объекта в эксплуатацию.</p> <p>Л) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующие измерения до полной стабилизации осадки. Не менее двух лет после ввода объекта в эксплуатацию.</p> <p>Б) После монтажа вертикальных связей и прогонов.</p> <p>В) После монтажа конструкций покрытия.</p> <p>Г) После возведения наружных стен и навесных стеновых панелей</p> <p>Д) После монтажа кровли на остов здания.</p> <p>Е) После монтажа облицовки колонн, инженерного оборудования.</p> <p>И) После завершения работ по устройству подсыпки и устройству пола.</p> <p>К) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующие измерения до полной стабилизации осадки</p>
--	--	--	--	--

3.	Сохранность и устойчивость грунтовых откосов глубокого котлована с естественным углом откоса	Грунтовые откосы глубокого котлована со спланированными откосами под естественный угол к горизонтали $\alpha = \varphi = 45^{\circ}$ для насыпных грунтов	<p>1. Часть постоянных геодезических пронумерованных поверхностных марок «ПМ», установленных на дневной поверхности земли в подготовительный период строительства. Поверхностные марки, расположенные за пределами зоны бровки глубокого котлована в соответствии со схемой на рис.22 и 29, а также пункта 2 настоящего графика.</p> <p>2. Для наблюдения за деформациями «ПМ» рекомендуется использовать: нивелир, теодолит, геодезическую рейку, дальномеры, стальную рулетку, индикаторы часового типа «ИЧ» с ценой деления 0,01 мм, прогибомеры.</p>	<p>А) Базисный (первый) отчет. Перед началом работ по разработке грунта глубокого котлована.</p> <p>Б) В процессе всего периода и после завершения работ по разработке глубокого котлована.</p> <p>В) В процессе и после завершения работ по устройству БНС.</p> <p>Г) В процессе и после выполнения работ по устройству плитного ростверка КСПФ.</p> <p>Д) После выполнения работ по обратной засыпке грунта.</p> <p>Е) По каждому из этапов после возведения конструкций остова</p>
<p>Мониторинг деформаций конструкций КСП и остова малоэтажной и многоэтажной частей здания, наблюдаемых по стенным маркам «СМ»:</p>				
4.	Осадка участков здания и возможная неравномерная осадка блоков здания вдоль вертикальной оси OZ	Осадка КСП и надземных конструкций всех блоков здания, замеряемая на уровне цокольной части, в зоне постоянного доступа для мониторинга	<p>1. Постоянные геодезические пронумерованные стенные марки «СМ», установленные жестко на боковой поверхности конструкций несущего остова (железобетонных стенах, колоннах, пилонах и т.д.) в соответствии со схемами на рисунках. Выступ торца стенной марки над лицевой частью облицовки «СМ» конструкции остова, с учетом конструкции отделочного слоя и удобства проведения инструментальных геодезических измерений, должен составлять не менее 100 мм. Между конструкцией облицовки и боковой поверхностью стенной марки, выполненной из стального стержня диаметром 25 мм, А-I, обеспечить конструктивно-технологический зазор при помощи устройства стальной гильзы из трубки диаметром 50 мм.</p>	<p>Стенные геодезические марки «СМ» устанавливаются с проектной отметки обратной засыпки грунта за наружные стенки двухуровневого подвала. Измерения деформаций осадки и разности осадок по «СМ» производить регулярно по графику:</p> <p>А) Базисный (первый) отчет. С проектной отметки обратной засыпки после выполнения работ по демонтажу инвентарной оснастки с наружной стороны подвальной части вдоль всего периметра малоэтажной и многоэтажной части здания перед началом работ по устройству монолитных конструкций надземной части здания.</p> <p>Б) По каждому из этапов после возведения остова надземных этажей.</p>

			<p>1. На лицевой (фасадной) грани каждой из стальных марок, после их установки нанести порядковые их номера, в соответствии со схемой несываемой масляной краской или набить номер на поверхности металла при помощи выгравирования инструментом).</p> <p>2. Для наблюдения за деформациями «СМ» рекомендуется использовать: нивелир лазерный, теодолит, геодезическую рейку, стальную рулетку, а также при необходимости: индикаторы часового типа «ИЧ» с ценой деления 0,01 мм, прогибомеры.</p>	<p>В) После возведения конструкций наружных ограждений стен и фасадов.</p> <p>Г) После завершения работ по кровле.</p> <p>Д) После монтажа облицовки колонн, инженерного оборудования, навешенного на остов.</p> <p>Е) После завершения работ по устройству подсыпки и устройству пола.</p> <p>И) Перед оформлением акта приема-сдачи.</p> <p>К) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующие измерения до полной стабилизации осадки. Не менее двух лет после сдачи объекта</p>
<b>Мониторинг изменения нагрузок, усилий и напряжений</b>				
5.	Контроль: постоянных и временных нагрузок; усилий в конструкциях; напряжений в несущих и самонесущих элементах	Буронабивные железобетонные сваи БНС. Напряжения в продольной рабочей арматуре каркасов. Напряжения в бетоне БНС	<p>1. Тензодатчики и струнные датчики для определения деформаций и трансформации их в напряжения через преобразователи (комплекс АИД – автоматический преобразователь деформаций в напряжения) в конструкции БНС.</p> <p>2. Приборы и оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– тензодатчики напряжений с токопроводящей системой и защитными трубками;</li> <li>– прибор-преобразователь АИД;</li> <li>– источник автономного питания.</li> </ul>	<p>Струнные датчики и тензодатчики напряжений с токопроводящей системой и защитными трубками устанавливаются и крепятся к поверхности арматуры на строительной площадке перед их монтажом в пробуренные скважины с проектной отметки дна котлована. Измерения деформаций и напряжений в арматуре и бетоне через приборы-преобразователи АИД производить регулярно по графику:</p> <p>А) После монтажа каркасов и укладки бетона в скважины БНС.</p> <p>Б) После выполнения работ по устройству плиты КСПФ.</p> <p>В) По каждому из этапов после возведения конструкций остова этажей.</p> <p>Г) После возведения конструкций наружных</p>

				<p>ограждений стен и навесных систем.</p> <p>Д) После завершения работ по устройству конструкций кровли.</p> <p>Е) После монтажа отделки, инженерного оборудования, навешенного на остов.</p> <p>И) После устройства подсыпки и полов.</p> <p>К) Перед оформлением акта приема-сдачи законченного строительством объекта в эксплуатацию.</p> <p>Л) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующие измерения до полной стабилизации осадки. Не менее двух лет после ввода объекта в эксплуатацию</p>
6.	Контроль: постоянных и временных нагрузок; усилий в конструкциях; напряжений в несущих и самонесущих элементах	Напряжения в продольной рабочей арматуре нижнего и верхнего поясов плитной части КСПФ	<p>1. Тензодатчики и струнные датчики для определения деформаций и трансформации их в напряжения через преобразователи (компьютеризованный комплекс АИД – автоматический преобразователь деформаций в напряжения) в конструкции плиты КСПФ</p>  <p>2. Приборы и оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– тензодатчики напряжений с токопроводящей системой и защитными трубками;</li> <li>– прибор-преобразователь АИД;</li> <li>– источник автономного питания</li> </ul>	<p>Струнные датчики и тензодатчики напряжений с токопроводящей системой и защитными трубками устанавливаются и крепятся к поверхности арматуры на строительной площадке перед укладкой бетона в оснастку конструкции плиты КСПФ. Измерения деформаций и напряжений в арматуре и бетоне через приборы-преобразователи АИД производить регулярно в нижеследующей последовательности по графику:</p> <p>А) После монтажа арматурных сеток, каркасов и укладки бетона в оснастку плиты КСПФ.</p> <p>Б) После выполнения работ по устройству плиты КСПФ.</p> <p>В) По каждому из этапов после возведения конструкций остова здания.</p>

				<p>Г) После возведения конструкций наружных стен систем на фасадах.</p> <p>Д) После завершения работ по кровле.</p> <p>Е) После монтажа отделки остова и инженерного оборудования.</p> <p>И) После устройства подсыпки и полов.</p> <p>К) Перед оформлением акта приема-сдачи объекта.</p> <p>Л) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующих измерений до полной стабилизации осадки. Не менее двух лет после сдачи объекта в эксплуатацию</p>
7.	Контроль: постоянных и временных нагрузок; контактных напряжений под подошвой плиты КСПФ	Напряжения в грунте основания под подошвой плиты КСПФ	<p>1. Приборы для измерения деформаций (месдозы) в грунте под подошвой плиты КСПФ в контактной зоне между подошвой плиты и грунтом основания, используемые для установления фактического давления под подошвой после переработки результатов деформаций в напряжения посредством комплекса АИД: «Месдозы» с подключенными электрическими кабелями подключаются к прибору АИД. Схема и принцип установки приборов измерения деформаций в грунте под подошвой плиты КСПФ приведен ниже:</p> 	<p>Датчики измерения напряжений в грунте основания плиты КСПФ с токопроводящей системой и защитными трубками устанавливаются и размещаются в контактной зоне между плитой и спланированной поверхностью грунта на дне котлована строительной площадки перед устройством бетонной подготовки под плиту КСПФ. Измерения деформаций и напряжений в грунте посредством комплекса АИД производить по графику:</p> <p>А) После устройства бетонной подготовки под плиту КСПФ (базисный отчет).</p> <p>Б) После монтажа арматурных сеток, каркасов и укладки бетона в оснастку плиты КСПФ.</p> <p>В) По каждому из этапов после возведения конструкций остова.</p>

			<p>Общий вид приборов для измерения деформаций в грунте под подошвой плиты КСПФ в контактной зоне между подошвой плиты и грунтом основания:</p> 	<p>Г) После возведения наружных стен.  Д) После завершения работ по кровле.  Е) После монтажа облицовки колонн и инженерного оборудования.  И) После устройства подсыпки и полов.  К) Перед оформлением акта приема-сдачи объекта в эксплуатацию.  Л) В период эксплуатации: после первого аншлага и последующих измерений до полной стабилизации осадки. Не менее двух лет после ввода объекта в эксплуатацию</p>
--	--	--	--	--

Главный конструктор ГУП ТИГП ..... \_\_\_\_\_

Главный специалист ГУП ТИГП..... \_\_\_\_\_

Начальник ОИИЗ ГУП ТИГП..... \_\_\_\_\_

Главный конструктор АПМ №3 ГУП ТИГП..... \_\_\_\_\_

ГИП АПМ №3 ГУП ТИГП..... \_\_\_\_\_

Руководитель группы АПМ №3 ГУП ТИГП..... \_\_\_\_\_

МП

Казань, 2014

**Приложения**  
к геотехническому мониторингу высотного здания в г. Казани

**Таблица 10.4**

**Спецификация**  
материалов и изделий для осуществления инженерного мониторинга  
высотного здания (Заказ № 5384), расположенного в г. Казани

Марка поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примеч.
	–	ДКН (датчик контр. напряжений)	8		
	–	ДУ (датчик опр. усилий в роств.)	10		
	–	ГМ (глубинные марки)	6		
1	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=5700	1	34,2	<u>5700</u>
2	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=10700	1	64,2	<u>10700</u>
3	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=15700	1	94,2	<u>15700</u>
4	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–III L=5980	1	22,97	<u>5980</u>
5	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–III L=10980	1	42,17	<u>10980</u>
6	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–III L=15980	1	61,37	<u>15980</u>
7	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 76 \times 5$ L=900	3	8,1	<u>900</u>
8	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 140 \times 5$ L=100	3	1,7	<u>100</u>
9	ГОСТ 19903–74	Днище –140x12	3	1,85	
10	ГОСТ 19903–74	Крышка –150x12	3	2,12	
	–	ДИНС (датчики в сваях)	16		
	–	СМ (стенная марка)	9		
11	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=150	1	0,9	<u>150</u>
12	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–I L=400	1	1,54	<u>150</u>
13	ГОСТ 19903–74	–75x75x10	2	0,45	<u>150</u>
	–	ПМ (поверхностная марка)	16		
14	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 102 \times 5$ L=400	1	4,8	
15	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 20$ А–I L=500	1	1,23	
16	ГОСТ 19903–74	Крышка –120x12	1	1,36	
	–	Бетон В15	1.12	м <sup>3</sup>	

Таблица 10.5

**Спецификация**  
**материалов и изделий для осуществления инженерного мониторинга**  
**стилобатной части здания (Заказ № 5384), расположенного в г. Казани**

Марка поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примеч.
	–	ДКН (датчик контр. напряжений)	7		
	–	ДУ (датчик опр. усилий в роств.)	5		
	–	ГМ (глубинные марки)	5		
1	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=5400	1	32,4	<u>5400</u>
2	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=10400	1	62,4	<u>10400</u>
3	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=15400	1	92,4	<u>15400</u>
4	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–III L=5680	1	21,81	<u>5680</u>
5	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–III L=10680	1	41,01	<u>10680</u>
6	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–III L=15680	1	60,21	<u>15680</u>
7	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 76 \times 5$ L=600	3	5,4	<u>600</u>
8	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 140 \times 5$ L=100	3	1,7	<u>100</u>
9	ГОСТ 19903–74	Днище –140x12	3	1,85	
10	ГОСТ 19903–74	Крышка –150x12	3	2,12	
	–	ДИНС (датчики в сваях)	4		
	–	СМ (стенная марка)	7		
11	ГОСТ 10704–91	Труба $\varnothing 50 \times 5$ L=150	1	0,9	<u>150</u>
12	ГОСТ 5781–82*	$\varnothing 25$ А–I L=400	1	1,54	<u>150</u>
13	ГОСТ 19903–74	–75x75x10	2	0,45	<u>150</u>

Таблица 10.6

**Ведомость**  
**расхода стали для осуществления инженерного мониторинга стилобатной части**  
**здания (Заказ № 5384) в г. Казани**

Марки элементов	Изделия прокатные													Всего
	Арматура класса					Трубы					Сталь полосовая			
	А–III		А–I			–					–			
	ГОСТ 5781–82*		ГОСТ 5781–82*			ГОСТ 5781–82*					ГОСТ 19903–74			
	$\varnothing 25$	Итого	$\varnothing 20$	$\varnothing 25$	Итого	$\varnothing 50 \times 5$	$\varnothing 76 \times 5$	$\varnothing 102 \times 5$	$\varnothing 140 \times 5$	Итого	t=10мм	t=12мм	Итого	
ГМ, СМ, ПМ	1374,21	1374,21	19,68	24,64	44,32	2106	226,8	76,8	56,1	2465,7	14,4	152,77	167,17	4051,4

Таблица 10.7

Перечень  
приборов и оборудования, используемых при проведении мониторинга

№ пп.	Наименование приборов и оборудования	Вид прибора	Количество	Ориентировочная стоимость, руб.
1.	АИД (электронный прибор автоматического измерения деформаций)	-	2	-
2.	Нивелир электронный SDL1X		1	265883
3.	Нивелир оптический PL1-31		1	313233,36
4.	Теодолит электронный DT 520		1	151703,16
5.	Теодолит оптический ЗТ2КП		1	49796
6.	Индикатор часового типа ИЧ-25		10	23000
7.	Индикатор часового типа ИЧ-50		20	46000
5.	Прогибомер		10	25000
7.	Лазерный дальномер Tru Pulse 200B		1	35730
8.	Тахеометр SET2X		1	588954,52
9.	Стальная рулетка длиной 3, 5, 10, 15м	-	4	5000
10.	Электрокабели	-	1000м	1000

## 11. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Зона доступа** – охраняемая часть группы помещений (этажей) высотного здания, оборудованная физическими барьерами и другими средствами комплексного обеспечения безопасности.

**Индивидуальные средства защиты** – средства, предназначенные для самоспасения людей из окон, с балконов и лоджий зданий, а также для защиты органов дыхания и зрения от опасных факторов пожара.

**Коллективные спасательные средства** – средства спасения при пожаре, которыми одновременно может пользоваться группа людей.

**Критически важные точки здания** – строительные конструкции и их узлы, инженерные и другие системы, выход из строя которых может привести к развитию чрезвычайных ситуаций.

**Локальное разрушение** – разрушение несущих конструкций на одном этаже здания площадью до 80 м<sup>2</sup>.

**Многофункциональное высотное здание** – здание высотой более 75 м, включающее в свой состав помимо жилых помещений – гостиничные номера и помещения другого функционального назначения – административные, культурно-досуговые, сервисного обслуживания, здравоохранения, учебно-воспитательные, хозяйственные, стоянки и т.п.

**Многофункциональное высотное здание-комплекс** – группа разновысоких зданий, в том числе высотой более 75 м, объединенных между собой общим функционально-планировочным и архитектурно-пространственным решением, а также находящимся в пространственной и функциональной взаимосвязи.

**Объектовый пункт пожаротушения** – помещение для размещения первичных средств пожаротушения, индивидуальных и коллективных спасательных средств, а также инвентаря, который необходим в случае пожара для персонала и службы пожарной безопасности.

**Объемно-планировочный элемент** – обособленная часть здания с определенным функциональным назначением.

**Огнестойкость** – способность конструкции сохранять после пожара возможность дальнейшей безопасной эксплуатации с минимальным восстановительным ремонтом.

**Пожаробезопасная зона** – часть пожарного отсека здания, выделенная противопожарными преградами для защиты людей от опасных факторов пожара в течение заданного времени (от момента возникновения пожара до завершения спасательных работ), обеспеченная комплексом мероприятий для проведения эвакуации и спасения.

**Прогрессирующее обрушение** – обрушение несущих конструкций на нескольких этажах здания или на одном этаже площадью более 80 м<sup>2</sup>, возникающее в результате локального разрушения.

**Проектная угроза** – совокупность условий и факторов, определяемых в процессе проведения анализа уязвимости высотного здания, способных нарушить его нормальную эксплуатацию и привести к чрезвычайной ситуации.

**Структурированная система мониторинга и управления системами зданий и сооружений (СМИС)** – построенная на базе программно-технических средств система, предназначенная для осуществления мониторинга технологических процессов и процессов обеспечения функционирования оборудования непосредственно на потенциально опасных объектах, в зданиях и сооружениях, и передачи информации об их состоянии по каналам связи в дежурно-диспетчерские службы этих объектов, для последующей обработки с целью оценки, предупреждения и ликвидации последствий дестабилизирующих факторов в реальном времени, а также для передачи информации о прогнозе и факте возникновения ЧС, в том числе вызванных террористическими актами, в единую систему оперативно-диспетчерского управления в чрезвычайных ситуациях г. Москвы.

**Физический барьер** – преграды и технические средства, препятствующие проникновению нарушителя в охранные зоны или к уязвимым местам высотного здания.

## 12. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция. СНиП II-7-81\* Минрегион России. М., 2011.– 91 с.
2. СНиП II-11-77\*. Защитные сооружения гражданской обороны. ГОССТРОЙ СССР.– М., 1987.– 71с.
3. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* Минрегион России. М., 2011.– 177 с.
4. СП 89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76. Минрегион России.– М., 2012.– 99 с.
5. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция. СНиП 2.01.07-85\*Минрегион России.– М., 2011.– 96 с.
6. СНиП 2.01.51-90. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. ГОССТРОЙ СССР.– М.,1990.
7. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* Минрегион России.– М., 2011.– 164 с.
8. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.– Минрегион России.– М., 2011.– 90 с.
9. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. Минрегион России.– М., 2012.– 99 с.
10. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. Минрегион России.– М., 2013.– 112 с.
11. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. Минрегион России.– М., 2011.– 114 с.
12. СНиП 31-06-2009. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.08.02-89\*. Минрегион России.– М., 2009.– 82 с.
13. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Госстрой СССР.– М., 1989.–32 с.
14. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России). М., 2013.– 115 с.
15. СНиП 20-01-2003. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Госстрой России.
16. СНиП 21-01-97\*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Минстрой России.– М., 1997.
17. СП 113.13330.2012. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\*. Минрегион России.– М., 2012.– 32 с.
18. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. Минстрой России. М., 1996.– 14 с.

19. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. Минрегион России.– М., 2012.– 120 с.
20. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Минрегион России.– М., 2012.– 100 с.
21. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. Минрегион России.– М., 2011.– 46 с.
22. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. Минрегион России.– М., 2011.
23. СП 54.13330.2011. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. Минрегион России.– М., 2011.– 39 с.
24. СП 56.13330.2011. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. Минрегион России.– М., 2011.– 21 с.
25. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения. Госстрой России.– М., 2004.– 28 с.
26. СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001. Минрегион России.– М., 2012.– 63 с.
27. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Минрегион России.– М., 2012.– 161с.
28. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003), ЦНИИПромзданий, НИИЖБ.– 2005 .
29. СТО 36554501-016-2009. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования зданий, ФГУП НИЦ «Строительство».– М., 2009.
30. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. Госстрой России.– М., 2004.– 145 с.
31. СП 31-108-2002. Мусоропроводы жилых и общественных зданий и сооружений. Госстрой России.– М., 2002.– 20 с.
32. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Госстрой России.– М., 2004.– 59 с.
33. СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. ФГУП НИЦ Строительство.– М., 2007.– 17 с.
34. СТО-008-02495342-2009. Стандарт организации. Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. Проектирование и расчет. ЦНИИПромзданий, МНИИТЭП.– М., 2009.– 20 с.
35. МГСН 4.19-2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве. Правительство Москвы.– М., 2005.– 126 с.

36. МГСН 1.01-99. Нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы. Правительство Москвы.– М., 2000.– 114 с.
37. МГСН 1.04-2005. Временные нормы и правила проектирования планировки и застройки участков территории высотных зданий-комплексов, высотных градостроительных комплексов в городе Москве. Правительство Москвы.– М., 2005.– 34 с.
38. МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Правительство Москвы.– М., 2003.– 56 с.
39. Пособие к МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения, обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений.– М., 2004.
40. МГСН 2.08-01. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций жилых и общественных зданий. Правительство Москвы.– М., 2003.– 48 с.
41. МГСН 3.01-01. Жилые здания. Правительство Москвы.– М., 2001.– 84 с.
42. Дополнение к МГСН 3.01-01. О размещении на первых этажах жилых домов объектов общественного назначения.
43. МГСН 4.04-94. Многофункциональные здания и комплексы. Правительство Москвы.– М., 1994.– 60 с.
44. МГСН 4.16-98. Гостиницы. Правительство Москвы. –М., 1998.– 85 с.
45. МГСН 5.01-01. Стоянки легковых автомобилей. Правительство Москвы.– М., 2001.– 28 с.
46. МДС 50-1.2007. Проектирование и устройство оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов. ФГУП НИЦ «Строительство».– М., 2007.– 15 с.
47. МДС 20-1.2006. Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве. ФГУП «НИЦ «Строительство».– М., 2006.
48. МДС 13-24.2010. Рекомендации по правилам геотехнического сопровождения высотного строительства и прилегающего пространства/ООО «Простор», ООО «Тектоплан».– М.: ОАО «ЦПП», 2010.– 44 с.
49. ТСН 31-332-2006. Территориальные строительные нормы. Жилые и общественные высотные здания Санкт-Петербурга. Правительство Санкт-Петербурга, 2006.
50. РМД 31-04-2008 Санкт-Петербург. Рекомендации по строительству жилых и общественных высотных зданий. Правительство Санкт-Петербурга, 2006.
51. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. Правительство Москвы.– М., 2006.– 60 с.
52. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой. НИИЖБ Госстроя СССР.– М., 1978.– 55 с.

53. ГОСТ 23166-99. Блоки оконные. Общие технические условия. Госстрой России.– М., 2000.– 26 с.
54. ГОСТ 26602.2-99. Блоки оконные и дверные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости. МНТКС.– М., 2000.– 16 с.
55. НПБ 110-03. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией. МЧС России.– М., 2003.– 12с.
56. НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях. МЧС России.– М., 2003.– 12 с.
57. Проектирование современных высотных зданий / под ред. Сюй Пэйфу: Пер. с китайского.– М.: Изд-во АСВ, 2008. – 469 с.
58. Рафайнер Ф. Высотные здания. Объемно-планировочные и конструктивные решения.–М.: Стройиздат, 1982.
59. Дыховичный Ю.А., Максименко В.А. Сборный железобетонный унифицированный каркас. М.: Стройиздат, 1985.
60. Абрамсон Л. А. (ЦНИИЭПжилища). Развитие строительства высотных зданий // Жилищное строительство.– 2005, №10.
61. Николаев С. В. (ЦНИИЭПжилища). Высотные здания – это комплекс высокопрофессиональных решений // Жилищное строительство.– 2005, № 9-10.
62. Горин С.С. Жилые небоскребы в Москве – прошлое, настоящее, будущее // Жилищное строительство.– 2003, №10.
63. Алмазов В. О. Пути и методы противодействия прогрессирующему разрушению высотных зданий // Глобальная безопасность. –2006, июнь. С.46–49.
64. Граник Ю. Г., Магай И. Г. Обзор зарубежного строительного опыта по высотному домостроению // Уникальные и специальные технологии в строительстве.– 2004, № 1. С.20–31.
65. Севостьянов В.В., Миндель И.Г., Трифонов Б.А. Оценка сейсмической опасности для высотных зданий г. Москвы // Уникальные и специальные технологии в строительстве.– 2006, №1(14). С.56–62.
66. Российская архитектурно-строительная энциклопедия. Том XII. Строительство подземных сооружений. М.: ОАО «ВНИИТПИ», 2008.–380 с.
67. Строительство высотных зданий и сооружений. Том XIII. Российская Архитектурно-строительная энциклопедия. ОАО «ВНИИТПИ», М., 2010.– 494 с.
68. Современное высотное строительство. Монография. М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007.–440с.
69. Справочник «Основания и фундаменты»/Под ред. Г.И. Швецова. – М., 1991.
70. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / Под ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.,

- 1985.
71. ГОСТ 25100-82. Грунты. Классификация. Госстрой СССР. М.,1982.
  72. Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Часть 2. Заказ №5384. ГУП «Татинвестгражданпроект». Казань, 2010.– 212 с.
  73. СТО 36554501-007-2006. Стандарт организации. Проектирование и устройство вертикального или наклонного геотехнического компенсационного нагнетания. ФГУП «НИЦ «Строительство». М.,2006. § 6, 10–12 с.
  74. СНиП 2.08.01-89\*. Жилые здания.
  75. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции.
  76. СНиП 2.04.07-86\*. Тепловые сети.
  77. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника, изд. 2000 г.
  78. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению.
  79. МГСН 2.04-97. Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях
  80. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование .
  81. СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий.
  82. СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы.
  83. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Общие положения.
  84. ГОСТ 16289-86\*. Окна и балконные двери с тройным остеклением для жилых и общественных зданий. \* Действует ГОСТ 11214-2003. - Примечание «КОДЕКС».
  85. ГОСТ 10174-90. Прокладки уплотняющие пенополиуретановые для окон и дверей.
  86. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
  87. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. 4.1. Общие правила производства работ.
  88. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов.
  89. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.
  90. ВСН 59-88. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования.
  91. ВСН 60-89. Устройства связи, сигнализации, диспетчеризации.
  92. НПБ 248-97. Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний.
  93. НПБ 250-97. Лифты для транспортирования пожарных подразделений в зданиях и сооружениях. Общие технические требования.
  94. МДС 21-1-98. Предотвращение распространения пожара..
  95. МДС 41-1-99. Рекомендации по противодымной защите при пожаре.
  96. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов М-85 (1988).

97. ПУЭ. Правила устройства электроустановок, издания 6 и 7.
98. НПБ 160-97. Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности. Виды, размеры, общие технические требования.
99. Р 78.36.008-99. Проектирование и монтаж систем охранного телевидения и домофонов.
100. Р 78.36.007-99. Выбор и применение средств охранной пожарной сигнализации и средств технической укреплённости для оборудования объектов.
101. Р 78.143-92. Элементы технической укреплённости объектов.
102. Р 78.36.001-99. Обозначения условных графических элементов систем.
103. РМ 2798-00. Инструкции по проектированию систем связи, информатизации и диспетчеризации объектов жилищного строительства.
104. РД 34.21.122-87\*<sup>1</sup>. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
105. Правительство Москвы Методика назначения объема инженерно-геологических изысканий в центре и срединной части г. Москвы, М., 2000 г
106. Постановление Правительства Москвы от 8 августа 2000 г. N 603 «Об утверждении правил производства земляных и строительных работ, прокладки и переустройства инженерных сетей и коммуникаций в г.Москве» с изменениями и дополнениями в соответствии с Постановлением Правительства Москвы от 29 января 2002 г. N 78-ПП.
107. ГУП ЦНИИСК им. Кучеренко. Рекомендации по уточненному динамическому расчету зданий и сооружений на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки (автор Попов Н.А.), М., 2000 .
108. Конструкции высотных зданий за рубежом (автор – О.М.Попкова) (обзор). М., ЦИНИС, 1975.
109. В.Шумер. Конструкции высотных зданий. М.: Стройиздат.– 1979.
110. А.Б.Пуховский, В.М.Арефьев и др. Многоэтажные и высотные здания. М., 1997.
111. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып.3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85); М., ЦНИИЭП жилища, 1983.
112. Правительство Москвы «Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов при возведении зданий вблизи существующих в условиях плотной застройки в Москве», М., 1999.
113. Рекомендации по проектированию энергоэкономичных технических решений систем отопления, вентиляции и водоснабжения встроенно-пристроенных в жилые здания помещений общественного назначения, М., 1998.
114. РД 34.20.185-94. Инструкции на проектирование городских электрических сетей. Изменения и дополнения раздела 2.
115. Правительство Москвы «Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий,

- расположенных вблизи нового строительства или реконструкции», М., 1998 .
116. И.К.Лифанов, В.А.Гутников, А.С.Скотченко «Рекомендации по оценке аэрации территории в жилой застройке г. Москвы», М., 1997.
  117. Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м, М., 2002 .
  118. Временные технические указания по проектированию и строительству объединенных диспетчерских систем (ОДС) в г. Москве.
  119. ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований. Общие положения по расчету.
  120. Закон города Москвы об обеспечении беспрепятственного доступа инвалидов к объектам социальной и инженерной инфраструктуры, 2001.
  121. Инструкция по проектированию, монтажу и приемке в эксплуатацию охранно-защитных дератизационных систем (ОЗДС) РМ-2776, 2000 .
  122. АВОК Стандарт-1-2002 Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**100 САМЫХ ВЫСОКИХ ЗДАНИЙ МИРА**  
**(ПО ДАННЫМ СЮЙ ПЭЙФУ [57])**

№ п.п	Наименование высотного здания	Место расположения, город	Год завершения строительства	Этажность здания, этажей	Высота здания, метры	Материал каркаса здания	Назначение высотного здания
1	Petronas Tower 1	Куала-Лумпур	1998	88	452	М	многофункц.
2	Petronas Tower 2	Куала-Лумпур	1998	88	452	М	многофункц.
3	Sears Tower	Чикаго	1974	110	442	S	офис
4	Jinmao Building	Шанхай	1999	88	421	М	многофункц.
5	Citic Plaza	Гуанчжоу	1996	80	391	С	многофункц.
6	Shun Hing Square	Шэньчжэнь	1996	69	384	М	офис
7	Empire State Building	Нью-Йорк	1931	102	381	S	офис
8	Central Plaza	Гонконг	1992	78	375	С	офис
9	Bank of China	Гонконг	1989	70	369	М	офис
10	Emirates Tower One	Дубай	1999	55	355	М	многофункц.
11	The Center	Гонконг	1998	79	350	S	офис
12	T&Ctower	Тэйбэй	1997	85	348	S	многофункц.
13	Aon Center	Чикаго	1973	80	346	S	офис
14	John Hancock Center	Чикаго	1969	100	344	S	многофункц.
15	Burj al Arab Hotel	Дубай	1999	60	321	М	гостиница
16	Chrysler Building	Нью-Йорк	1930	77	319	S	офис
17	Bank of America Plaza	Атланта	1993	55	312	М	многофункц.
18	Libray Tower	Лос-Анджелес	1990	75	310	М	офис
19	Telekom Malaysia Headquartres	Куала-Лумпур	1999	55	310		офис
20	Emirates Tower Two	Дубай	2000	56	309	С	гостиница
21	AT&T Corporate Center	Чикаго	1989	60	307	М	офис
22	JP morgan Chase Tower	Хьюстон	1982	75	305	М	офис
23	Baiyoke Tower II	Бангкок	1997	85	304	С	гостиница
24	Two Prudential Plaza	Чикаго	1990	64	303	С	офис
25	Pyeongyang Hotel	Пхеньян	1995	105	300	С	гостиница
26	Commerzbank Tower	Франкфурт-на-Майне	1997	63	299	М	офис
27	First Canadian Place	Торонто	1975	72	298	S	офис
28	Kingdom Center	Эр-Рияд	2001	72	296	С	офис
29	Wells Fargo Plaza	Хьюстон	1983	71	296	S	офис
30	Landmark Tower	Йокогама	1993	70	296	S	многофункц.
31	Bank of America Center	Сиэтл	1984	76	295	М	офис

32	311 South Wacker Drive	Чикаго	1990	65	293	C	офис
33	SEG Plaza	Шэньчжэнь	2000	72	292	M	многофункц.
34	America International Building	Нью-Йорк	1932	67	290	S	офис
35	Cheung Kong Center	Гонконг	1999	70	290	S	офис
36	Key Tower	Кливленд	1991	57	289	M	офис
37	One Livery Place	Филадельфия	1987	61	288	S	офис
38	Sunjoy Tomorrow Square	Шанхай	1999	59	285	C	многофункц.
39	The Trump Building	Нью-Йорк	1930	72	283	S	офис
40	Plaza 66	Шанхай	2001	62	281	C	многофункц.
41	Bank of America Plaza	Даллас	1985	72	281	M	офис
42	Overseas Union Bank Centre	Сингапур	1986	66	280	S	офис
43	United Overseas Bank Plaza	Сингапур	1992	66	280	S	офис
44	Republic Plaza	Сингапур	1995	66	280	M	офис
45	Citicorp Center	Нью-Йорк	1977	59	279	S	многофункц.
46	Scotia Plaza	Торонто	1989	68	275	M	офис
47	Williams Tower	Хьюстон	1983	64	275	S	офис
48	Renaissance Tower	Даллас	1975	56	270	S	офис
49	Trump World Tower	Нью-Йорк	2001	72	269	C	жилой дом
50	Al Faisaliah Centre	Эр-Рияд	2000	30	267	M	многофункц.
51	900North Michigan Avenue	Чикаго	1989	66	265	M	многофункц.
52	Nationsbank Corporate Center	Шарлотт	1992	60	265	C	офис
53	Sun Trust Plaza	Атланта	1992	60	265	C	офис
54	Hong Kong New World Building	Шанхай	2001	58	265	S	многофункц.
55	Shenzhen Special Zone Daily Tower	Шэньчжэнь	1998	42	264	C	офис
56	BCE Place-Canada Trust Tower	Торонто	1990	51	263	M	офис
57	Water Tower Place	Чикаго	1976	74	262	C	многофункц.
58	Aon Center	Лос-Анджелес	1974	62	262	S	офис
59	Transamerica Pyramid	Сан-Франциско	1972	48	260	M	офис
60	GE Building, Rockefeller Centre	Нью-Йорк	1933	70	259	S	офис
61	Bank One Plaza	Чикаго	1969	60	259	S	офис
62	Two Liberty Place	Филадельфия	1990	58	258	S	офис
63	Park Tower	Чикаго	2000	67	257	C	многофункц.
64	Messetrm	Франкфурт-на-Майне	1990	70	257	C	офис
65	USX Tower	Питсбург	1970	64	256	S	офис
66	Rinku Gate Tower	Осака	1996	56	256		многофункц.
67	Capital Tower	Сингапур	2000	52	254		офис
68	Osaka World Trade Center	Осака	1995	55	252	S	офис

69	Rialto Tower	Мельбурн	1985	63	251	C	офис
70	One Atlantic Center	Атланта	1987	50	250	M	офис
71	BNI City Tower	Джакарта	1995	46	250	C	офис
72	Korea Life Insurance Company	Сеул	1985	60	249	S	офис
73	CitySpire	Нью-Йорк	1989	75	248	C	многофункц.
74	One Chase Manhattan Plaza	Нью-Йорк	1961	60	248	S	офис
75	Bank One Tower	Индианаполис	1989	48	247	S	офис
76	Royal Charoen Krung Tower	Бангкок	2001	68	247		офис
77	Conde Nast Building	Нью-Йорк	1999	48	247	S	офис
78	MetLife	Нью-Йорк	1963	59	246	S	офис
79	Central Towers	Нагоя	2000	51	245		многофункц.
80	Shin Kong Life Tower	Тайбэй	1993	51	244	M	офис
81	Malayan Bank	Куала-Лумпур	1988	50	244	C	офис
82	Tokyo Metropolitan Government	Токио	1991	48	243	M	офис
83	City Gate Tower	Рамат Ган	2001	61	242		многофункц.
84	Dalian World Trade Center	Далень	2000	55	242	M	офис
85	Woolworth Building	Нью-Йорк	1913	57	241	S	офис
86	Mellon Bank Center	Филадельфия	1991	54	241	M	офис
87	Bank of China Mansion	Циндао	1999	54	241	C	офис
88	Philippine Bank of Communications	Манила	2000	52	241	C	офис
89	John Hancock Tower	Бостон	1976	60	240	S	офис
90	Manulife Plaza	Гонконг	1998	52	240		офис
91	DoCoMo Yoyogi Building	Токио	2000	33	240		офис
92	Bank One Center	Даллас	1987	60	240	M	офис
93	Canadian Imperial Bank of Commerce	Торонто	1973	57	239	M	офис
94	Moscow State University	Москва	1953	26	239	S	многофункц.
95	Empire Tower	Куала-Лумпур	1994	62	238	M	офис
96	Bank of America Center	Хьюстон	1984	56	238	S	офис
97	Bank of America Center	Сан-Франциско	1969	52	237	S	офис
98	Worldwide Plaza	Нью-Йорк	1989	47	237	S	офис
99	First Bank Place	Миннеаполис	1992	58	236	M	офис
100	IDS Center	Миннеаполис	1973	57	236	M	многофункц.

Примечание:

В графе «Материал» введены следующие условные обозначения: S – стальные конструкции; C – железобетонные конструкции; M – сталебетонные смешанные конструкции.

## 14. ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### САМЫЕ ИЗВЕСТНЫЕ НЕБОСКРЕБЫ МИРА

Краткие сведения об архитектурных, объемно-планировочных и конструктивных особенностях высотных зданий	Общий вид и конструктивные особенности высотных зданий
1	2
<p align="center"><b><u>1. ШУНЬ-ХИН-СКВЕР</u></b> (Шэньчжэнь. Китайская Народная Республика)</p> <p>69-этажная башня Шунь-Хин-сквер, высотой 1260 футов или 384 метра, возведена в 1996 году по проекту «K. Y. CHEUNG DESIGN ASSOCIATES» в городе Шэньчжэнь, Китайской Народной Республики (рис.14.1.1 и рис.14.1.2).</p> <p>При высоте 384 метра здание Шунь-Хин-сквер доминирует над панорамой города Шэньчжэнь, соперничая с соседними небоскребами близлежащего Гонконга (рис. 14.1.3).</p> <p>Шунь-Хин-сквер запроектирован за два месяца и возведен за короткий срок, за что получил прозвище «Инстант-Сити».</p> <p>Оригинальная, рвущаяся ввысь форма небоскреба демонстрирует традиционно китайские элементы: конструкция состоит из двух массивных наклонных арок, горизонтальных этажей и двух цилиндрических башен наверху, напоминающих по форме китайский иероглиф <i>май</i> («красота», «красивый»).</p> <p>Комплекс включает в себя автостоянку и 5-этажный торговый комплекс в нижней части небоскреба, над которым поднимается сама башня с офисами и более низкий жилой блок. Они представляют собой вытянутые в длину конструкции, их продольные фасады с оконными проемами расположены перпендикулярно, чтобы эффективно использовать естественное освещение и избежать ситуации, когда окна ориентированы друг на друга.</p> <p>В плане башня представляет собой ромб со стальными опорами по периметру, а ее центральное ядро сооружено из железобетона. Это позволило создать изящную по форме конструкцию, способную выдержать тайфун или землетрясение.</p>	 <p align="center">Рис. 14.1.1</p>  <p align="center">Рис. 14.1.2</p>  <p align="center">Рис. 14.1.3</p>

## 2. ТАНТЕКС СКАЙ ТАУЭР

(Гаосюн. Тайвань. Китайская Республика)

85-этажное высотное здание, высотой 1140 футов или 348 метров, возведено в 1997 году по проекту «С. Y.LEE G PARTNERS» в городе Гаосюн-Тайвань, Китайской Республики (рис.14.2.1 и рис.14.2.2).

Величественный Тантекс Скай Тауэр возвышается над городским ландшафтом Гаосюна, состоящим из малоэтажных зданий (рис. 14.2.3).

В конце 90-х гг. XX в. в мире появилось много небоскребов. Борьба за мировой рекорд высоты переместилась с Запада на Восток вместе с сопутствующим экономическим и финансовым престижем.

К числу таких небоскребов относится и Тантекс Скай Тауэр (архитектор Чан Юн Ли). Чан Юн Ли применил принципы *фэн-шуй*.

Образ небоскреба основан на элементах, взятых из местной культуры: это формы, связанные с национальной строительной традицией, знаки и образы, почерпнутые из разных контекстов, но легко узнаваемые местными жителями.

Облик Тантекс Скай Тауэр намекает на китайский иероглиф *гао* «высокий», «высота». Небоскреб имеет массивное основание и две самостоятельные 35-этажные секции, сливающиеся в центральную башню со шпилем (рис.14.2.3).

На главном фасаде небоскреба имеется центральное свободное пространство, придающее зданию устойчивость, уменьшающее его вес и нагрузку, создаваемую ветром.

Здание многофункционально – здесь размещаются офисы, жилые помещения, торговый центр, отель, занимающий этажи с 37-го по 70-й, смотровая площадка на крыше, на которую можно попасть с помощью лифтов, работающих со скоростью 10 м/с.

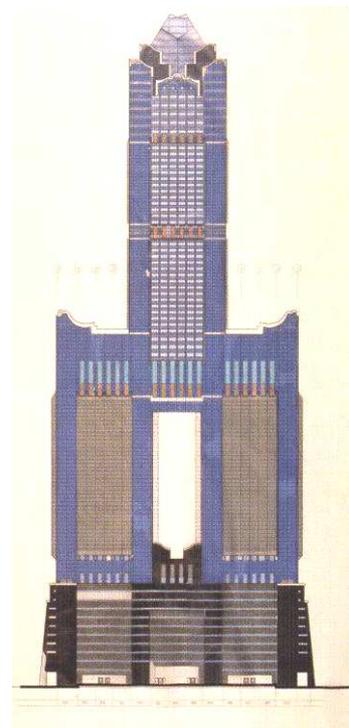


Рис. 14.2.1



Рис. 14.2.2



Рис. 14.2.3

### **3. МИЛЛЕНИУМ ТАУЭР** **(Вена. Австрия)**

51-этажный небоскреб Миллениум Тауэр, высотой 202 метра, возведенный в 1999 году по проекту фирмы «Пайхаль, Подрека и Вебер» в городе Вена, Австрия (рис.14.3.1–14.3.5).

При высоте 202 метра (включая антенну) Миллениум Тауэр является самым высоким зданием в Австрии и одним из самых высоких в Европе.

Небоскреб Миллениум Тауэр стоит на берегу реки Дунай. Его силуэт, образованный пересечением двух цилиндров и одного прямоугольника, стал отличительным знаком этого района австрийской столицы (рис.14.3.2 и рис. 14.3.4).

Миллениум Тауэр завершается меньшим по размеру цилиндрическим объемом и правильным параллелепипедом, срезанным под углом (рис. 14.3.2 и рис. 14.3.3).

Над последним этажом возвышаются две антенны. Башня расположена ассиметрично. Она стоит в том месте, где ритм постройки, в плане напоминающий гребень, прерывается, образуя широкую площадку.

Башня повернута так, что ее нижняя часть частично выступает над стилабатной частью, поэтому внутрь небоскреба можно попасть прямо с улицы (рис. 14.3.3).

Многофункциональный небоскреб имеет прямоугольное основание, ориентированное параллельно руслу реки. Внутри него размещена крытая автостоянка на 1500 машино-мест. Выше находится сооружение в форме гребня, вмещающее двухуровневый торговый комплекс с 60 магазинами и 400 апартаментами на 4 этажах.

Чертеж фасада, приведенный на рис. 14.3.4, демонстрирует распределение функций между этажами комплекса Миллениум-Сити: нижние этажи имеют сплошное остекление, поскольку там размещен торговый центр, а

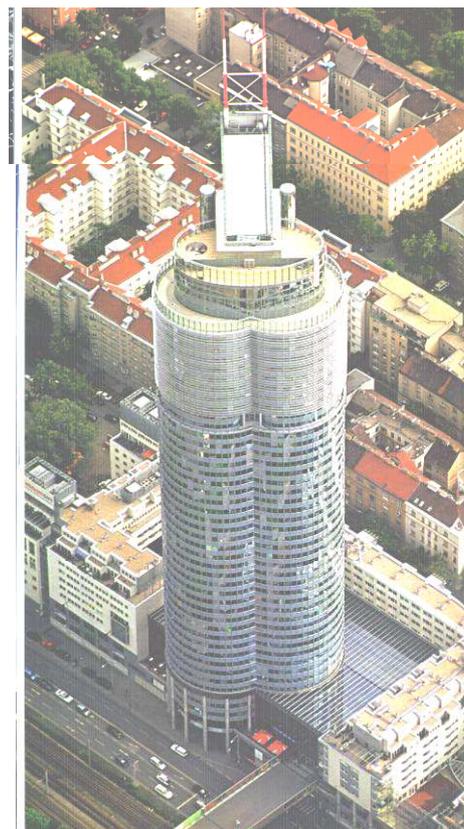


Рис. 14.3.1



Рис. 14.3.2

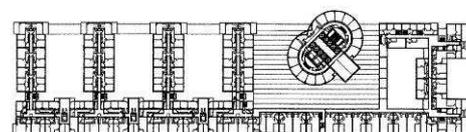


Рис. 14.3.3

выше выполнено ленточное остекление, где расположены апартаменты.

Здание представляет собой многофункциональный комплекс «город внутри города», а станция метро, пять линий городской железной дороги и три автобусных маршрута обеспечивают легкий и удобный доступ из соседних районов и центра города.

Крыша огромной плазы, на которой стоит башня, полностью застеклена и позволяет оценить огромные размеры здания, не выходя на улицу (рис. 14.3.5).

Сама башня, на 50-ти этажах которой размещаются офисы, «вырастает» из этой хорошо структурированной многоэтажной стилобатной части. Она состоит из трех пересекающихся объемов, в том числе: двух цилиндрических частей, внутри которых расположены офисы с индивидуальной и открытой планировкой, а также помещения коллективного пользования; прямоугольной призмы с конференц-залами и невысокого цилиндра на вершине призмы, занятого помещениями различных фирм.

В пересекающихся частях объемов расположены зоны коммуникаций, запасные лестницы, девять лифтов.

Все службы размещены в конструкции из железобетона, образующей ядро жесткости небоскреба.

Центральное ядро жесткости окружено кольцом из стальных и железобетонных опор, конструктивно соединенных с опорами второго кольца, идущего по внешнему периметру башни. Вместе они образуют ее внешний каркас.

Цилиндрическая форма башни позволяет зданию выдерживать значительную вертикальную нагрузку, а также горизонтальные нагрузки от ветровых и сейсмических воздействий.

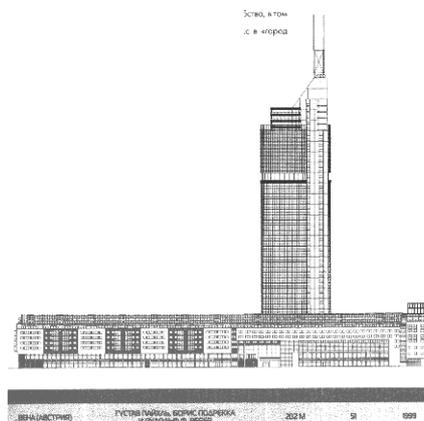


Рис. 14.3.4

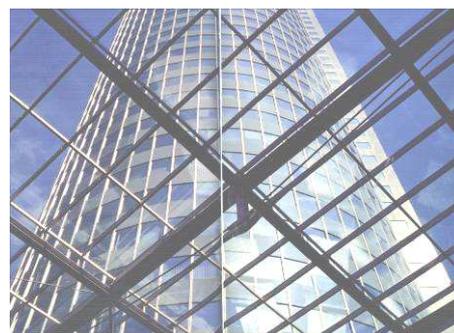


Рис. 14.3.5

#### **4. ЧОНКОНГ-ЦЕНТР**

**(Гонконг. Китайская Народная Республика)**

62-этажный небоскреб Чонконг-центр, высотой 918 футов или 280 метров, возведенный в 1999 году по проекту знаменитого американского архитектора Цезаря Пели с участием Лео Дейли в городе Гонконг, Китайской Народной Республики (рис. 14.4.1 и рис. 14.4.2).

При выборе формы небоскреба архитектор принимал во внимание целый ряд факторов, включая: исключительное разнообразие городского пейзажа Гонконга, местное строительное законодательство, принципы *фэн-шуй*, а также тот новаторский и символический потенциал, который может раскрыться в этих формах-архитипах благодаря новейшим материалам и технологиям.

Простая и элегантная форма здания Чонконг-центра выбрана архитектором на основании того, что оно расположено между зданием банка HSBS – одним из самых оригинальных современных небоскребов, идея которого основана на монументальности структурного каркаса – и башней Банка Китая с ее скульптурной формой из треугольных элементов каркаса, расположенных по спирали.

Отличительным знаком небоскреба служит его оригинальная облицовка – оболочка из светоотражающего стекла, обеспечивающая естественное освещение внутренних помещений и позволяющая изнутри любоваться на прекрасную панораму залива.

Поверх стеклянной оболочки размещена трубчатая решетка из нержавеющей стали, ярко сверкающая в небе Гонконга (рис. 14.4.3).

Стальная решетка покрыта сетью из оптоволоконна и источников света, которые по ночам полностью меняют облик здания.



Рис. 14.4.1



Рис. 14.4.2

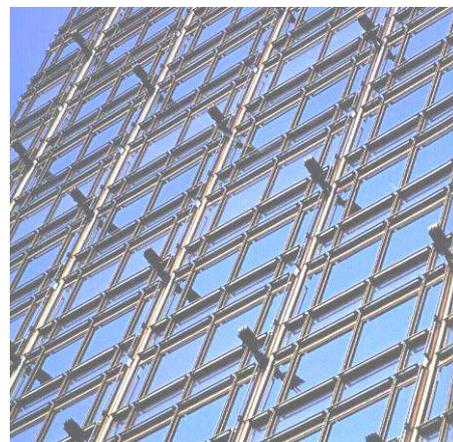


Рис. 14.4.3

## **5. АВРОРА ПЛЕЙС** **(Сидней. Австралия)**

44-этажный небоскреб Аврора Плейс высотой 656 футов, или 200 метров, возведенный в 2000 году по проекту архитектора Ренцо Пьяно, расположен в центре австралийского города Сидней, на Маккуори-стрит (рис. 14.5.1 – 14.5.6).

Комплекс был запроектирован по заказу корпорации «Ленд-Лиз» – по случаю Олимпиады 2000 г. Он состоит из 44-этажной офисной башни и 17-этажного жилого дома с плоским многослойным фасадом. Первый слой конструкции фасада представляет собой стеклянную «диафрагму» с характерными стойками и горизонтальными оконными жалюзи. За ним имеется воздушное пространство, в виде открытой галереи, занимающей всю площадь фасада по высоте. При закрытой «диафрагме» увеличивается площадь апартаментов, а когда она открыта, пространство превращается в террасы с видом на сад и залив. Следующий второй слой конструкции фасада – это собственно стена здания, облицованная терракотой. Последний третий слой фасада – изогнутая стеклянная поверхность, повторяющая форму башни (рис. 14.5.2). Выступающая над самим зданием башни часть огромной стеклянной стены, окружающей Аврора Плейс, становится чистым украшением, вызывающим в памяти паруса яхт в Сиднейской бухте. Конструкция многослойного фасада позволяет сооружению улавливать ветра, дующие с Тихого океана, и обеспечивает естественную вентиляцию, тем самым экономя энергию. Проект Ренцо Пьяно развивается преимущественно по вертикальной оси. Башня окружена двумя изогнутыми стенами, благодаря которым она выглядит больше по размерам и может соперничать с гораздо более масштабными соседями. Изогнутые стеклянные поверхности башни придают ей своеобразие и выделяют ее на фоне соседних небоскребов.

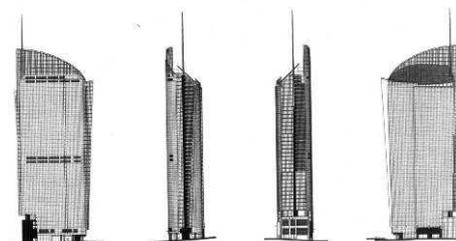


Рис. 14.5.1

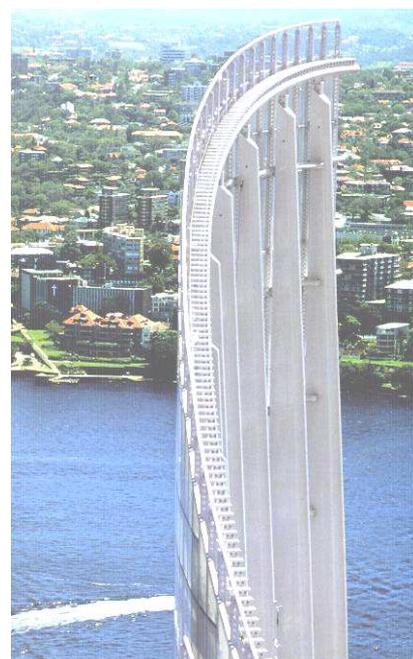


Рис. 14.5.2



Рис. 14.5.3

1

Эти оболочки независимы от центрального, облицованного терракотой объема и внешних опор, которые вместе образуют несущую конструкцию небоскреба.

Поскольку оболочки не имеют видимого каркаса, издали они смотрятся как цельные, сплошные поверхности, хотя их прозрачность на самом деле варьируется в зависимости от диаметра небольших керамических окружностей, размещенных между панелями фасада, и расстояний между ними. Поэтому одна и та же панель может использоваться по-разному, в том числе: как прозрачное окно, сквозь которое открывается прекрасный вид; как непрозрачный парапет, скрывающий служебные помещения или промежутки между этажами; или как экран, защищающий от солнечных лучей.

Бесконечные градации плотности или прозрачности придают фасаду огромный потенциал для видоизменения.

Колонны башни облицованы терракотой, как и само здание за ними. Площадку между башнями защищает прозрачная крыша. Единая плоскость изогнутой стены, образующая главный фасад, разрывается перед входом в Аврора Плейс. Это сделано для того, чтобы увеличить площадь перед зданием.

На плане комплекса (рис.14.5.4) представлены нижние этажи обеих башен и крытая плаза, которую Ренцо Пьяно разместил между ними.

Профиль застройки по линии Маккуористрит, представленный на рис. 14.5.5, демонстрирует как разные размеры двух башен Ренцо Пьяно – более высокий, в котором находятся офисные помещения, и более низкий, жилой, выходящий окнами на Ботанический сад – зависят от соотношения высоты первой с небоскребами делового квартала. При этом благодаря своим фасадам-парусам обе башни перекликаются с Оперой Утзана. Фрагмент стеклянной оболочки, закрывающей галереи фасада жилой башни, приведен на рис. 14.5.6.

2

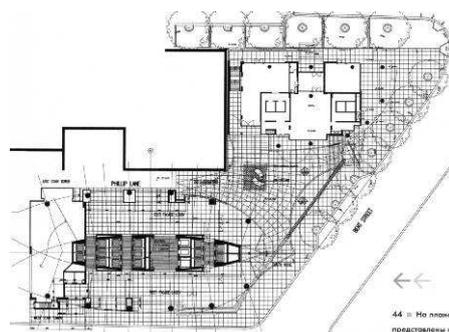


Рис. 14.5.4

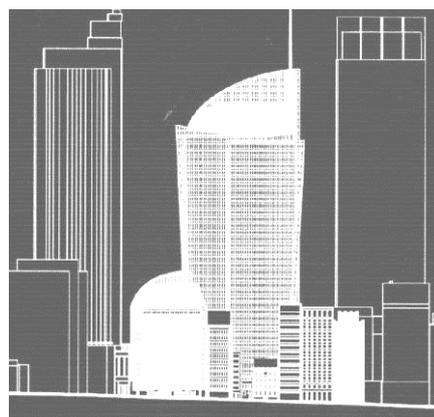


Рис. 14.5.5



Рис. 14.5.6

## 6. БАШНИ-БЛИЗНЕЦЫ

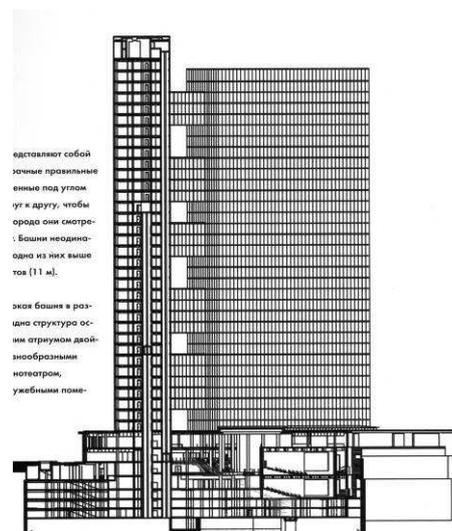
(Вена. Австрия)

37–34-этажные башни-близнецы высотой, соответственно, 453 фута (138 метров) и 417 футов (127 метров), возведенные в 2001 году по проекту итальянского архитектора Массимилиано Фуксаса, расположенные в австрийской столице, городе Вене (рис. 14.6.1–14.6.3).

Итальянский архитектор использовал форму двойной башни – одну из наиболее часто повторяющихся в строительстве небоскребов. Эта же знаковая форма была применена во Всемирном торговом центре на Манхэттене, башни которого заняли в воображении публики еще более значимое место после трагических событий 11 сентября. И в башнях Петронаса в Куала-Лумпуре, которые умышленно подражают своим нью-йоркским предшественникам (тем самым подчеркивая превосходство малазийских небоскребов и с точки зрения высоты, и с точки зрения имиджа и отражая постепенное перемещение экономического и коммерческого влияния с Запада на Восток). Наконец, пара наклонных башен – хоть и меньших по размерам – образуют «ворота» Мадрида. Здание представляет собой полностью прозрачные правильные призмы, поставленные под углом в 59 градусов друг к другу, чтобы с разных точек города они смотрелись по-разному (рис.14.6.1 и 14.6.3). Башни неодинаковы по высоте: одна из них выше другой на 36 футов (11 м). Разность высот башен хорошо видна на разрезе (рис.14.6.2). На разрезе хорошо видна пространственная структура строительных конструкций высотной части здания и его стило-батной зоны, расположенной в пределах подземной части и нижних этажей небоскреба. Имеется большой атриум двойной высоты с различными удобствами, включая: кинотеатр, торговые помещения и помещения вспомогательного и служебного назначения. Полностью застекленные переходы между башнями гармонируют с их общим обликом.



Рис. 14.6.1



отделяют собой  
зачем правильные  
енные под углом  
луг к другу, чтобы  
сорода они смотре-  
: Башни неодина-  
одно из них выше  
тоя (11 м).

экая башня в раз-  
дана структура ос-  
ним атриумом двой-  
знообразными по-  
мещениями, по-  
ужебными поме-

Рис. 14.6.2

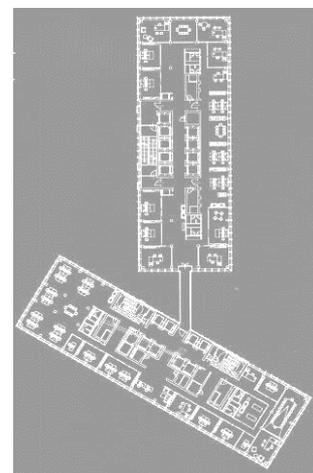


Рис. 14.6.3

## 7. ТРАМП УОРЛД ТАУЭР (Нью-Йорк. США)

72-этажная башня высотой, 861 фут, или 262 метр, возведенная в 2001 году по проекту фирмы «Костас Кондилис и партнеры», возвышается в небе Манхэттена на небольшом прямоугольном участке земли на 1-й авеню, между 47-й и 48-й улицами Нью-Йорка, как изящная, геометрическая фигура (рис. 14.7.1–14.7.3).

Здание имеет простую форму без каких-либо экстравагантных гребней, изломов, ступеней и прочих внешних излишеств. В пестрой панораме Нью-Йорка есть немало небоскребов интернационального стиля. Архитектор взял за основу самые известные из них – Сигрэм-билдинг и здание штаб-квартиры ООН – и пересмыслил их внешний облик в современном духе, отдав предпочтение стремлению к высоте, а не соблюдению сбалансированных пропорций здания. Трамп Уорлд Тауэр – самый высокий жилой небоскреб в городе. Конструкция небоскреба состоит из двух толстых несущих стен. К южной стене пристроены лифтовые шахты, а по периметру башни выполнены 27 мощных опор. Размеры и количество этих массивных опор-колонн меняется по мере приближения к вершине здания и несмотря на то, что на плане они занимают немалую часть пространства, снаружи их не видно. Треугольные очертания Ситингрупп Центра, простая стройная форма Трамп Уорлд Тауэр и более низкий, словно «присевший», силуэт штаб-квартиры ООН выделяются на горизонте Нью-Йорка (рис. 14.7.3). Гладкая поверхность фасадов небоскреба достигается за счет отсутствия видимых соединений и эффектов, создаваемых современным зеркальным стеклом цвета бронзы.

Помимо апартаментов разной площади в башне расположены разнообразные открытые и зеленые зоны, подвальные помещения, четырехзвездочный ресторан на первом этаже и фитнес-центр с плавательным бассейном.



Рис. 14.7.1

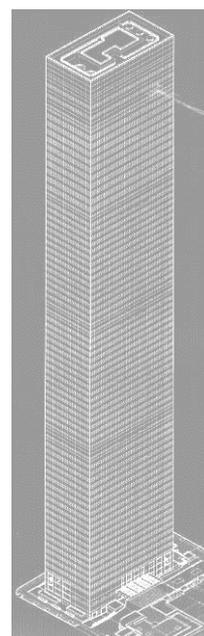


Рис. 14.7.2

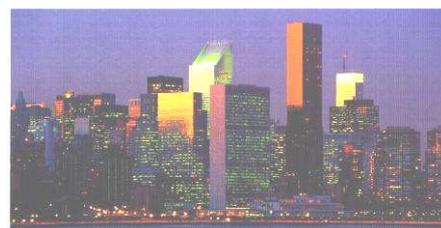


Рис. 14.7.3

## 8. ПЛАЗА 66

(Шанхай. Китайская Народная Республика)

66-этажный небоскреб высотой 945 футов, или 288 метров, возведенный в 2001 году по проекту фирмы «Кон Педерсен Фокс ассошиэйтс» в Шанхае (рис. 14.8.1–14.8.3).

Широкое распространение небоскребов радикально изменило панорамы крупных городов Запада и Востока – в них появились странные формы, в том числе эротические «корнишоны», пирамиды и высокотехнологичные пагоды. Плаза 66 объединяет сразу несколько таких форм в многофункциональную структуру, представляющую собой коллаж из геометрических объемов. Наньцзинь-роуд-вест, одна из самых старых и оживленных торговых улиц Шанхая. В ансамбле доминируют криволинейные формы, как вогнутые, так и выпуклые, символизирующие жизненную энергию города, уподобленного водовороту. Пространственный план Плазы 66 (рис.14.8.3), демонстрирует сложную структуру комплекса, включая: две башни в верхней части и два вестибюля внизу, соединенные аркадой со стеклянной крышей. В плане один из них имеет миндалевидную форму, другой – круглую. По ночам Плаза 66 выделяется в панораме Шанхая своим фонарем на крыше, который подчеркивает ее изящный, устремленный ввысь силуэт (рис.14.8.1).

В здании имеется цокольная часть с общественными площадями, торговым центром, заведениями для досуга, отдыха, также подземной автостоянкой. Ее композиция строится вокруг изогнутой аркады, которая заканчивается двумя входными зонами. 5-этажная цокольная часть облицована камнем, а вестибюли и аркада сооружены из стекла. Торговый центр располагается на пяти уровнях, соединенных между собой эскалаторами. Естественное освещение осуществляется через большие застекленные проемы в крыше. Внутренний вид фонаря на вершине более высокой башни представлен на рис. 14.8.2г.

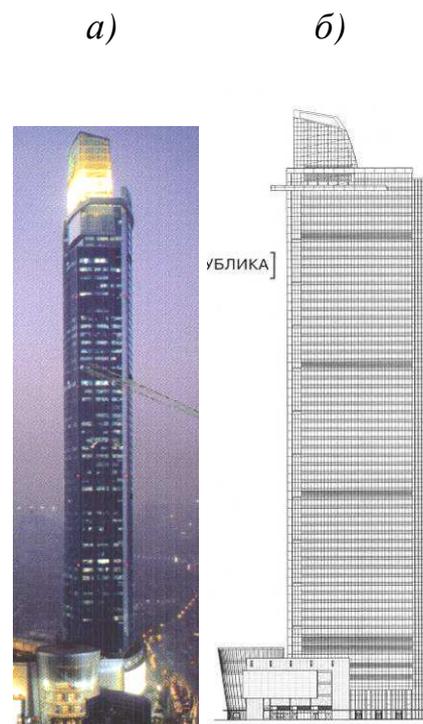


Рис. 14.8.1

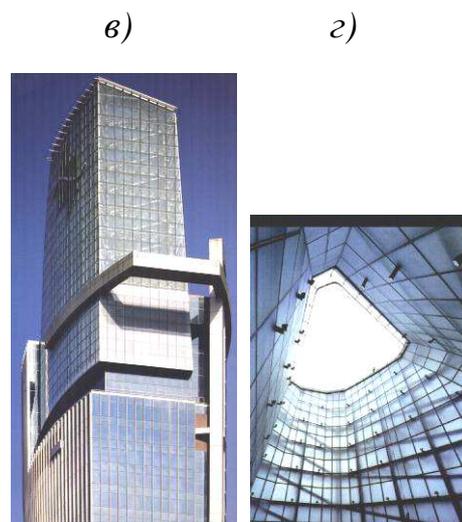


Рис. 14.8.2

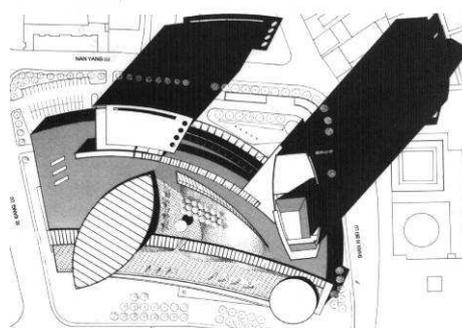


Рис. 14.8.3

## **9. БАШНЯ EDF (Париж. Франция)**

41-этажная башня EDF (штаб-квартира главной электроэнергетической компании Франции) высотой 486 футов, или 148 метров, возведенная в 2002 году по проекту Генри Н. Кобба, расположена в районе Дефанс – на бывшей промышленной окраине Парижа, которая в 1960-е годы стала превращаться в крупнейший деловой и финансовый район столицы (рис. 14.9.1–14.9.4).

Башня EDF расположена в стратегически важном месте на «исторической оси», соединяющей Большую арку Дефанс с Триумфальной аркой и Лувром (рис.14.9.1). Скульптурная форма башни EDF, представляющая собой сплюснутый эллиптический объем, отличает ее от остальных зданий в районе Дефанс. Остроугольная форма фасада здания, со стороны, где здание ориентировано на «историческую ось», вдоль которой организована вся застройка района Дефанс, имеет фрагмент вогнутого фасада (рис. 14.9.2). Вогнутый фасад завершается на уровне 26-го этажа – на той же высоте, до которой доходит проем в кубе Большой арки. Выше снова появляется острый угол, который характерен для заднего фасада небоскреба. Вход в башню оформлен круглым стальным навесом диаметром 24 метра, который защищает от непогоды площадь перед небоскребом.

Основой несущего остова небоскреба является железобетонное ядро все той же эллиптической формы, внутри которого размещены системы инженерных коммуникаций, и железобетонные опоры по периметру здания.

Эффектный облик небоскреба – это результат сочетания скульптурной формы и оригинального оформления фасада, образованного навесной стеной с перемещающимися поясами сверкающей нержавеющей стали бронзового оттенка и светоотражающих стеклянных панелей.



Рис. 14.9.1

в) г)

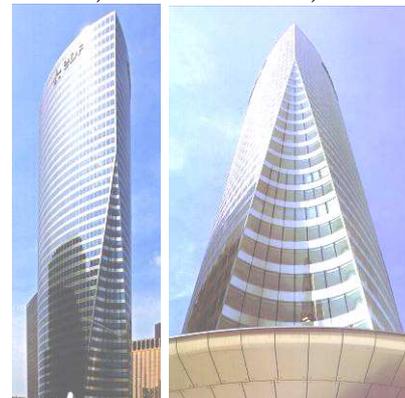


Рис. 14.9.2

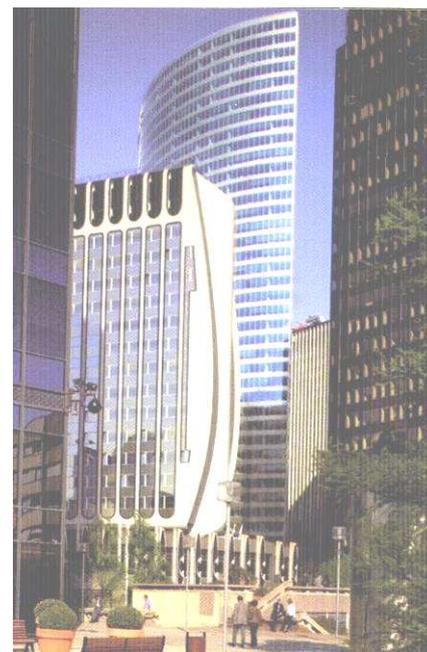


Рис. 14.9.3



Рис. 14.9.4

## 10. ФИНАНСОВЫЙ ЦЕНТР ДУНБУ (Сеул. Южная Корея)

35-этажное здание Финансового центра Дунбу высотой 495 футов или 151 метр, возведенное в 2002 году по проекту группы архитекторов из международной проектной фирмы «Кон Педерсен Фокс ассошиэйтс», расположено в районе Каннам-ку на Тегеран-роуд, одной из главных деловых улиц Сеула, застроенной многоэтажными офисными зданиями (рис. 14.10.1–14.10.3).

Композиционный принцип, выбранный для здания Финансового центра Дунбу в Сеуле и определяющий его облик, конструкцию и планировку – это *shik-tak-bo*, традиционный метод, используемый в местных ремеслах. Оригинальная форма здания Финансового центра Дунбу строится из последовательных слоев с различными углами наклона, которые образуют разнообразные, накладывающиеся друг на друга объемы (рис.1а). Продольный разрез по зданию (рис.1б) демонстрирует равномерное распределение этажей по всему зданию за исключением цоколя, где эскалаторы большого атриума соединяют наземный уровень с расположенными ниже торговым центром и станцией метро. Поверх зеркальных панелей из синего стекла, которыми оформлен фасад башни, закреплены стальные элементы солнцезащитной системы, образующие плотный горизонтальный рисунок (рис.14.10.3). По сравнению с остальными зданиями на Тегеран-роуд входная группа на первом этаже башни Дунбу отодвинута вовнутрь здания (рис.14.10.2). Это позволило создать перед ним площадь со скамейками, образующую буферную зону между улицей и атриумом. Вход в здание расположен на одном из коротких фасадов и оформлен в виде моста над бассейном с водой. Рисунок стены входной группы (рис.14.10.2) напоминает местную ремесленную технику *shik-tak-bo* – способ соединения различных тканей в случайном порядке.

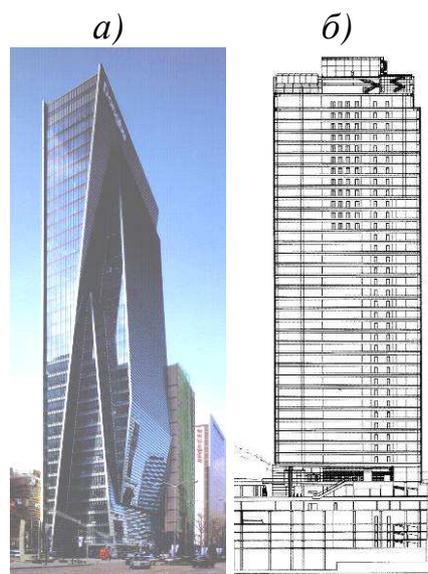


Рис. 14.10.1

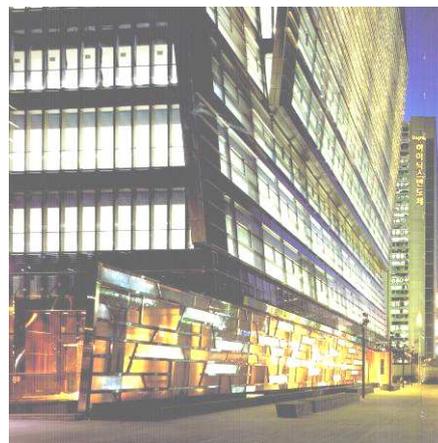


Рис. 14.10.2

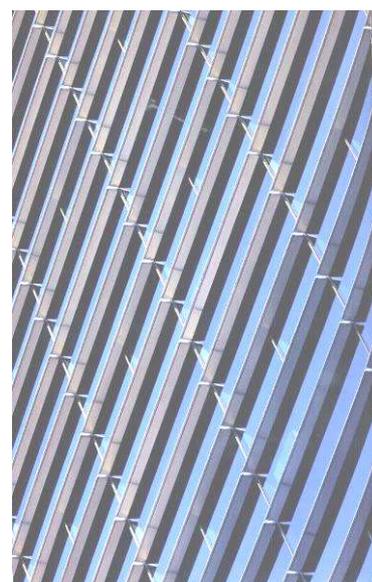


Рис. 14.10.3

## **11. УЭСТИН НЬЮ-ЙОРК** **(Нью-Йорк. США)**

45-этажное здание отеля Уэстин Нью-Йорк высотой 526 футов или 160 метров, возведенное в 2002 году по проекту группы архитекторов из фирмы «Архитектоника», расположено в Нью-Йорке на Тайм-сквере между 42-й и 43-й улицами и 7-й и 8-й авеню (рис. 14.11.1–14.11.2).

Отель Уэстин Нью-Йорк сразу после возведения вызвал немало споров: его яростно критиковали те, кто устал от кричаще-яркого и цветистого архитектурного языка, и восторженно приветствовали другие, видевшие в нем воплощение духа Таймс-сквер.

В проекте отразились латиноамериканское происхождение организатора фирмы Бернардо Форт-Брешия и мексиканского архитектора Луиса Барргана, его метод работы с цветом и комбинациями геометрических форм.

Башня облицована панелями из светоотражающего стекла, которые в более высокой ее части окрашены в синие оттенки и образуют вертикальный узор, а в более низкой создают горизонтальный орнамент, выдержанный в тонах бронзы.

В блоке меньшей высоты разместились: торговый центр, известный под названием *E-Walk*, театры и рестораны. *E-Walk* представляет собой торговый центр нового типа, организованный вдоль внутренней пешеходной аллеи, в то время как входы в магазины расположены на улице. Он имеет несколько уровней, в том числе подземных. На верхнем уровне, куда можно подняться на эскалаторе, находятся театры.

Башня по всей высоте делится на две части изогнутым лучом света, уходящим в небо. «Трещина», разделяющая башню, различная высота ее частей и форма крыши создают неповторимый силуэт, выделяющийся в небе Манхэттена.



Рис. 14.11.1

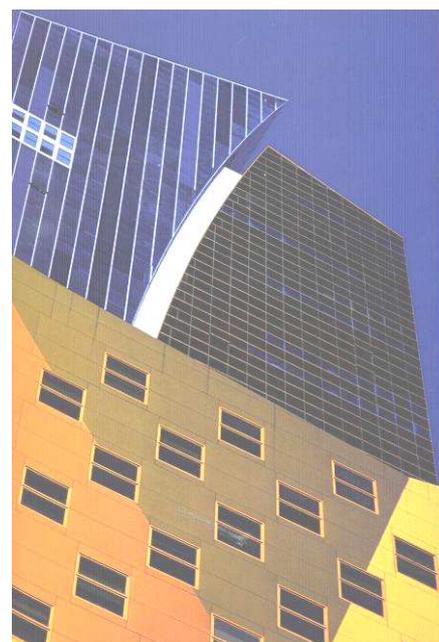


Рис. 14.11.2

## 12. БАШНЯ ДОЙЧЕ ПОСТ (Бонн. Германия)

42-этажная башня штаб-квартиры концерна «Дойче Пост» высотой 533 фута, или 163 метра, возведенная в 2002 году по проекту архитектурной фирмы «Мерфи/Ян», расположена в Бонне (рис. 14.12.1–14.12.5).

Композиционная структура здания образована двумя смещенными относительно друг друга полукруглыми объемами со свободным пространством между ними (рис.14.12.1а, 14.12.5). Форма небоскреба образована двумя изогнутыми плоскостями со стальным каркасом, на котором закреплены стеклянные панели оболочки. Небоскроб воплощает некое промежуточное состояние между природным и искусственным объектом благодаря окружению – террасам и пешеходным дорожкам, обустроенным на крутом берегу Рейна. Включение природных элементов в оформление крытой площади у основания небоскреба позволяет естественному ландшафту (который продолжается снаружи серией террас и тропинок, ведущих к Рейну) проникать внутрь здания (рис.14.12.1б). Вход в здание оформлен двухконсольным металлическим козырьком в форме распростертых крыльев птицы (рис. 14.12.2). Вестибюль переходит в большое свободное пространство, соединяющее две части небоскреба (рис.14.12.3а). Центральное пространство пересечено многочисленными переходами-мостиками, соединяющими половинки башни. Вдоль них расположены коммуникационные шахты (рис. 14.12.3б). Солнцезащитная система фасадов имеет 30-сантиметровый промежуток между стеклянными оболочками, позволяющий циркулировать воздуху (рис. 14.12.4а). Такая система обеспечивает биоклиматическое функционирование здания. Ограждающая конструкция фасадов состоит из двух слоев стекла и солнцезащитных элементов снаружи (рис. 14.12.4б).

а)                      б)



Рис. 14.12.1

а)                      б)



Рис. 14.12.2

а)                      б)

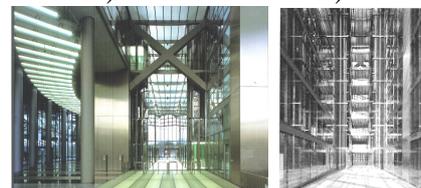


Рис. 14.12.3

а)                      б)



Рис. 14.12.4

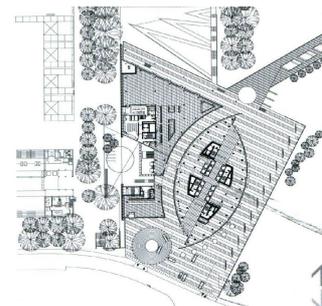


Рис. 14.12.5

### **13. КАНАДА-СКВЕР, 8** **(Лондон. Великобритания)**

48-этажный небоскреб штаба-квартиры международной банковской группы HSBC высотой 689 футов, или 210 метров, возведенный в 2002 году по проекту архитектора Нормана Фостера (Foster+Partnersx), расположен внутри комплекса Кэнэри-Уорф в трех милях от центра Лондона (рис. 14.13.1–14.13.2).

Генеральный план района построен по принципу шахматной доски. Вокруг нескольких зеленых площадей-скверов располагаются здания ведущих международных фирм. Здание штаб-квартиры HSBC и соседние с ним небоскребы отличаются правильными формами и фасадами из прозрачного стекла. По высоте оно уступает только небоскребу Кэнэри-Уорф-тауэр. Канада-сквер, 8 представляет собой высотное здание правильной формы со скругленными углами, заключенное в красивую оболочку. По ночам внутреннее освещение меняет облик небоскреба, дематериализуя его объем и подчеркивая ритм этажей (рис.14.13.1). Самым ярким отличительным признаком башни Канада-сквер, 8 является ее правильная геометрическая форма, контрастирующая с причудливыми силуэтами небоскребов Сити и обусловленная тем, что здание находится в районе, застроенном по преимуществу простыми прямоугольными сооружениями. И все же некоторые детали выдают фирменный стиль Фостера: изящная минималистская форма фасада, в котором ярусы стекла чередуются с белой керамикой, обозначая расположение этажей в здании. Основание небоскреба полностью прозрачно и связано с внешним пространством вестибюлем высотой 28 метров, в котором находится мультимедийная инсталляция (рис. 14.13.2). Из вестибюля имеется доступ на верхние и подземные этажи. На 39-ти из них размещены офисы, на 3-х – кафе и магазины. В подземной части размещены станция метро и трехуровневая автостоянка.



Рис. 14.13.1

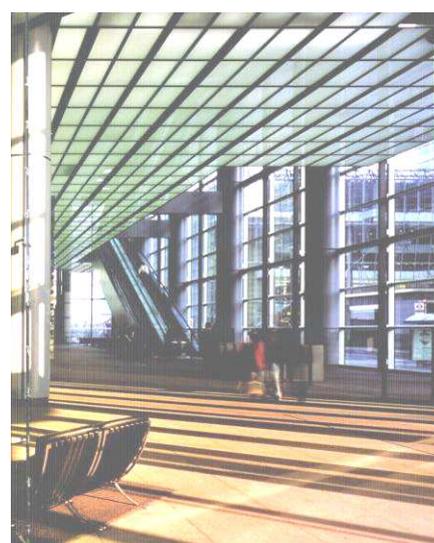


Рис. 14.13.2

**14. ШТАБ-КВАРТИРА КОМПАНИИ «ДЭНЦУ»****(Токио. Япония)**

48-этажный небоскреб для рекламного агентства «Дэнцу» высотой 700 футов, или 213 метров, возведенный в 2002 году по проекту французского архитектора Жана Нувеля, расположен в Токио (рис. 14.14.1–14.14.4).

Работы Нувеля характеризуются прозрачностью, пустотами, отражениями, размытыми оттенками, о чем свидетельствуют Институт арабского мира, Фонд Картье и башня Тур-Сан-Фин («Башня без краев») в Париже. Одним из фасадов небоскреб выходит на сад Хамарикю. Изогнутая форма здания и его оболочка, состоящая из стеклянных панелей разной степени прозрачности, сочетается с природным окружением (рис. 14.14.1). При таком ракурсе особенно хорошо видна пластичная форма здания. Она смоделирована из фигуры, напоминающей птичье крыло или полумесяц, полученной путем экструзии треугольного основания с неодинаковыми скругленными вершинами (рис.14.14.1). Прозрачность, цветовой оттенок и светоотражающие свойства оболочки в разных местах неодинаковы, что придает зданию постоянно меняющийся вид (рис.14.14.3). Просторный многосветный вестибюль окружен стеклянными витражами (рис. 14.14.4). Шахты лифтов, также стеклянные, размещены вдоль прямого фасада башни. Движение подъемников создает атмосферу динамичного пространства.

Светоотражающий фасад снижает нагрев здания, в то же время пропуская внутрь солнечный свет. Благодаря этому оптимизируется энергопотребление, которое еще больше уменьшается из-за наличия целого ряда зеленых террас на разных уровнях, обеспечивающих естественную вентиляцию и приток свежего воздуха. Обтекаемая форма здания ослабляет воздействие ветра и колебаний здания, которые поглощаются стальными конструкциями колонн и ядром небоскреба.



Рис. 14.14.1



Рис. 14.14.2

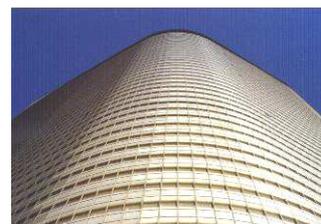


Рис. 14.14.3



Рис. 14.14.4

## 15. ПЕКИН-РОУД, 1

(Гонконг. Китайская Народная Республика)

30-этажный небоскреб высотой 525 футов, или 160 метров, возведенный в 2003 году по проекту Rocco Design Architects Limited и реализованный WMKY LTD, расположен на берегу бухты Виктория, напротив Коулуна в Гонконге (рис.14.15.1–14.15.4).

В Пекин-Роуд, 1 располагается 5 этажей с ресторанами, 14 этажей с офисными помещениями и еще 3 ресторанных уровня расположены на самых верхних этажах, откуда открывается эффектный вид на залив. Северный фасад небоскреба образован оболочкой из трех слоев стекла, между которыми циркулирует воздух, снижая тем самым нагрев здания под воздействием солнечных лучей. Изогнутый южный фасад тоже сооружен из стекла, но при этом защищен горизонтальными солнцезащитными козырьками из алюминия. На разрезе (рис.14.15.1) хорошо видно, как подземная часть небоскреба соотносится с холмом, к которому он пристроен, и со зданием в колониальном стиле, где прежде находилась штаб-квартира морской полиции. Небоскреб оборудован целой системой специальных устройств, позволяющих снизить энергопотребление и в то же время обеспечить максимальное естественное освещение и прекрасный вид на окрестности (рис.14.15.2). Небоскреб имеет форму параллелепипеда, выходящего короткой стороной на улицу, в то время как главный фасад, закрытый изогнутой навесной стеной, перекликается с формой холма (рис.14.15.1, 14.15.3). С боков небоскреб кажется очень узким благодаря тому, что изогнутые поверхности поднимаются выше, чем само здание. Деталь изогнутого фасада (рис.14.15.4) указывает на взаимосвязь прозрачной стены и занавески от солнца. Конструкция небоскреба состоит из железобетонного центрального ядра жесткости сталежелезобетонных опор по периметру здания.



Рис. 14.15.1



Рис. 14.15.2

а) б)



Рис. 14.15.3



Рис. 14.15.4

**16. МЭРИ-ЭКС, 30**  
(Лондон. Великобритания)

42-этажный небоскреб-башня высотой 590 футов, или 180 метров, возведенный в 2003 году по проекту архитектора Норманна Фостера для крупной страховой компании «Свис Ре», расположен в историческом финансовом районе Лондона (рис. 14.16.1–14.16.4).

В довольно однородном городском ландшафте этого района Лондона символический силуэт небоскреба Мэри-Экс, 30, который сравнивали с огурцом, сосновой шишкой, пулей и многими другими объектами, превращается в легко узнаваемый ориентир (рис. 14.16.1). Вид на район Сити с южного берега Темзы демонстрирует, как изменилась панорама Лондона с момента появления башни Фостера. Оболочка небоскреба состоит из стальной решетки и двух слоев стекла. Обе поверхности имеют структуру, образованную ромбами (рис. 14.16.2 и 14.16.3). Круглая в плане башня расширяется примерно до середины своей высоты, а затем снова сужается по мере приближения к купольному завершению (рис.14.16.2). Особенность в обеспечении пространственной жесткости и устойчивости остова небоскреба заключается в наличии треугольных элементов конструкций, способных амортизировать и вертикальные, и горизонтальные нагрузки, что снижает расход стали для каркаса здания. На разрезе (рис.14.16.2б) видны полые спирали, в которые складываются пустые пространства, имеющиеся на каждом из этажей. Эти шахты проводят свет и воздух, позволяя снизить энергопотребление. Несмотря на то, что решетка каркаса окружает здание по всему периметру, внутренние помещения хорошо освещены, и из них открывается эффектный вид на Сити (рис. 14.16.4а). На верхнем этаже находится ресторан с круговой панорамой лондонского Сити. Купол на вершине небоскреба полностью прозрачен и увенчан стеклом в форме линзы (рис. 14.16.4б).



Рис. 14.16.1

а) б)



Рис. 14.16.2

а) б)

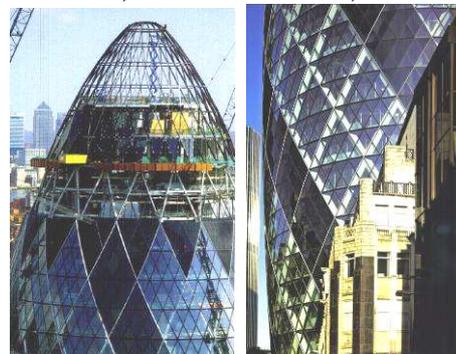


Рис. 14.16.3

а) б)



Рис. 14.16.4

## 17. ХАЙКЛИФФ

(Гонконг. Китайская Народная Республика)

73-этажный жилой дом, небоскреб-башня высотой 831,36 футов, или 253,4 метра, возведенный в 2003 году по проекту архитектора Денниса Лау, расположен на восточном склоне горы Виктория в Гонконге (рис.14.17.1–14.17.5).

Небоскреб Хайклифф в Гонконге – это одно из самых высоких в мире жилых зданий. Для своих вертикальных размеров он удивительно тонок. Из-за того, что в Гонконге очень мало свободного места для строительства, архитектору Деннису Лау пришлось решить сложную задачу – добиться высокой плотности заселения при минимальном размере участка. Решены задачи размещения здания на наклонной поверхности при наличии сильных ветров и тайфунов. На общем плане подиума комплекса жилых небоскребов размещены сады, большой плавательный бассейн и пандус, ведущий в подземную автостоянку. Плавательный бассейн, расположенный на подиуме, как и основное здание, имеет эллиптическую форму. Он богато украшен мозаикой, которая продолжает эффективную тему, использованную в декоре стен вестибюля (рис. 14.17.4). Тонкий силуэт 253-метрового небоскреба Хайклифф возвышается над бухтой Виктория и расположен на бровке откоса (рис.14.17.2). Криволинейную форму здания башни-небоскреба подчеркивает навесная стена, в которой стальные пояса, соответствующие расположению этажей, чередуются с панелями из светоотражающего стекла. Башня Хайклифф расположена на 7-этажном подиуме, который объединяет ее со склоном холма и соседним жилым небоскребом Саммит (рис.14.17.2б). На плане небоскреба центральное ядро жесткости, внутри которого размещены шахты коммуникаций, расположено в области пересечения двух эллипсов. Оформление большого вестибюля вторит плавным линиям фасада (рис.14.17.5).



Рис. 14.17.1

а) б)

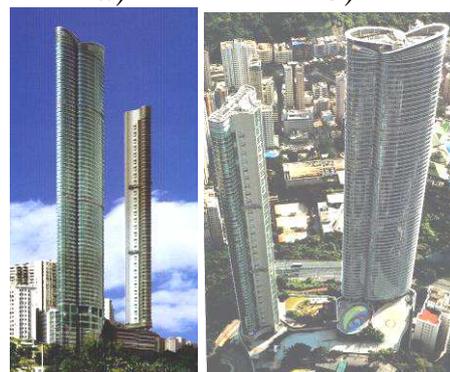


Рис. 14.17.2

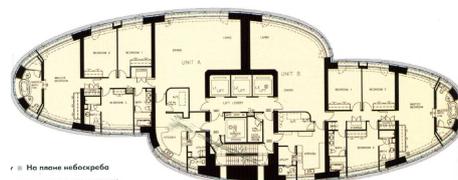


Рис. 14.17.3



Рис. 14.17.4

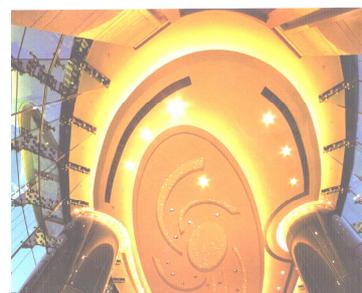


Рис. 14.17.5

## **18. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФИНАНСОВЫЙ ЦЕНТР-2 (Гонконг. Китайская Народная Республика)**

88-этажный небоскреб Международного финансового центра-2 высотой 1378 футов, или 420 метров, возведенный в 2004 году по проекту американского архитектора Цезаря Пелли, расположен в Гонконге (рис. 14.18.1–14.18.3).

Небоскреб Международного финансового центра-2 имеет форму устремленного к небесам обелиска высотой 420 метров (рис.14.18.1). В сравнении с городом и портом он выглядит как настоящий гигант и олицетворяет собой ту важную роль, которую Гонконг играет в современном мире. Устремленность ввысь, которую Пелли считает основным архитектурным принципом любого небоскреба, особенно хорошо ощущается при взгляде снизу (рис.14.18.2а). Ее подчеркивает и ритм, образуемый стойками фасада.

Пелли считает, что главная идея небоскреба заключается в стремлении вверх и максимальном выражении принципа вертикальности. Эта особенность акцентируется не только изящным оформлением вершины, но и материалами, использованными для облицовки: навесную стену из светоотражающего стекла поддерживают серебристые стальные стойки, дизайн которых еще больше усиливает образ «башни, пронизывающей небо».

Возведение башни такой высоты (420 м) стало возможным благодаря конструкции из стальных колонн, заполненных изнутри бетоном, и железобетонному центральному ядру, вмещающему в себя коммуникационные и служебные помещения. Через каждые 20 этажей стальные колонны соединены с ядром жесткости стальными фермами, усиливающими конструкцию и позволяющими ей воспринимать воздействие тайфунов, нередко случающихся в Гонконге. Вестибюль, расположенный в нижней части небоскреба, окружен светопрозрачными витражами, которые объединяют его интерьер с пространством снаружи.

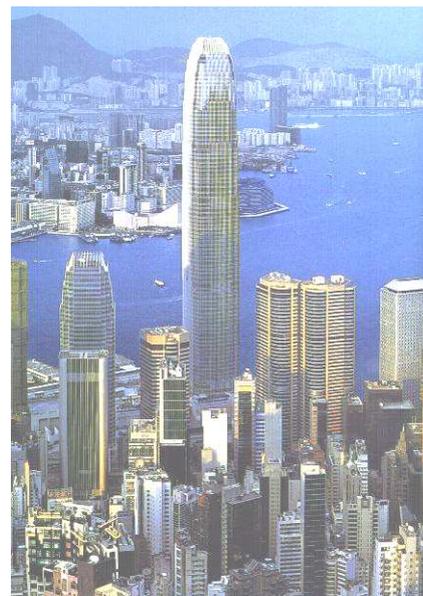


Рис. 14.18.1

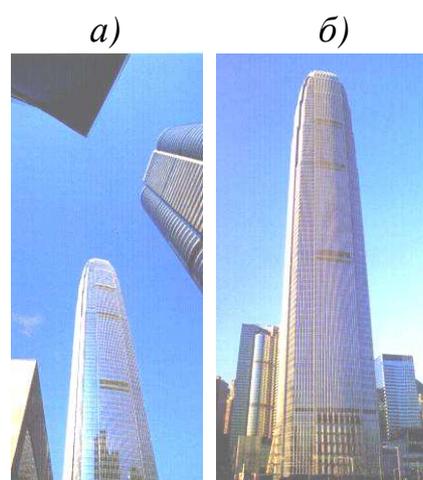


Рис. 14.18.2



Рис. 14.18.3

## **19. ТОРРЕ АКБАР (Барселона. Испания)**

33-этажный небоскреб Торе Акбар высотой 474 фута, или 142 метра, возведенный в 2004 году по проекту испанского архитектора Жана Нувеля, расположен на площади Глориес Каталанес в Барселоне (рис.14.19.1–14.19.3).

Небоскреб Торе Акбар полностью преобразил панораму Барселоны, возвышаясь над окружающим – горизонтальным по преимуществу – ландшафтом, вступая в диалог лишь с горами Монсеррат и Монжуик, а также собором Саграда Фамилия. В отличие от тонких спилей и колоколен, обычно пронзающих небо «горизонтальных» городов, эта башня представляет собой текучую массу, которая вырывается из земли как гейзер, находясь под постоянным, точно просчитанным давлением. Поверхность здания напоминает воду: она гладкая и сплошная, мерцающая и прозрачная. Материалы, из которых сделана оболочка, проявляют себя тонкими оттенками цвета и света. Башня является одним из первых образцов построек, совершенно не похожих на традиционные небоскребы и напоминающих скорее природные объекты наподобие сосновых шишек или гейзеров (рис.14.19.2*а*). Небоскреб Торе Акбар, как и многие другие постройки Жана Нувеля, построены на эффектах прозрачности и дематериализации, достигаемых с помощью многослойной структурной оболочки (рис. 14.19.2*б*). Наружные стены башни состоят из внутренней железобетонной оболочки, промежуточного слоя из цветных панелей и внешнего слоя, представляющего собой солнцезащитные стеклянные козырьки. Все вместе эти слои создают «пиксельное изображение», постоянно меняющееся из-за преломления лучей, игры света и тени. Несущая конструкция небоскреба состоит из двух железобетонных цилиндрических объемов: асимметрично расположенного ядра жесткости и внешней оболочки.

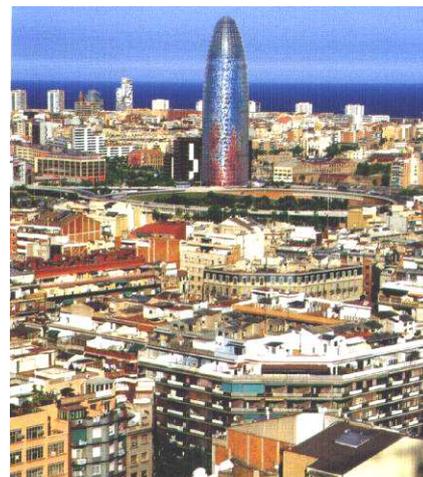


Рис. 14.19.1

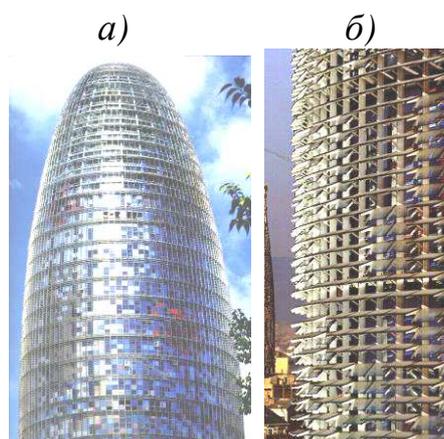


Рис. 14.19.2



Рис. 14.19.3

**20. ТАЙБЭЙ 101****(Тайбэй, Тайвань. Китайская Республика)**

101-этажный небоскреб Тайбэй 101 высотой 1671 фут, или 509 метров, возведенный в 2004 году по проекту архитектора Чан-Юн-Ли, расположен в столице Тайваня городе Тайбэе (рис.14.20.1–14.20.4).

Небоскреб Тайбэй 101 возведен по новейшим технологиям в сейсмически активном районе на песчаных грунтах с частыми значительными ветровыми воздействиями и тайфунами. Узнаваемая форма башни хорошо вписывается в городскую застройку. Здание явно принадлежит к местным традициям, но благодаря гигантским размерам обретает мировой масштаб (рис.14.20.1). По конструкции небоскреб напоминает побег бамбука, так как состоит из сегментов, каждый из которых словно вырастает из предыдущего (рис.14.20.2). Очертания здания определяются наклонными стенами, состоящими из двух слоев зеленого теплопоглощающего стекла. Общий облик Тайбэй 101 выдает влияние философских представлений об *инь* и *ян* и идей *Ицзина* – «Книги перемен». В основе замысла и проекта лежит представление о числе «восемь», как символу удачи: небоскреб состоит из восьми частей, по 8 этажей в каждом. Секции имеют наклонные стены и напоминают ствол бамбука, считающийся символом процветания и развития. Здание оборудовано самыми скоростными в мире лифтами, движущимися со скоростью 1008 метров в минуту, достигая крыши с закрытой смотровой площадкой всего за 39 секунд. Поскольку небоскребу приходится воспринимать и выдерживать большие вертикальные и горизонтальные нагрузки, оно снабжено: центральным ядром жесткости с шестнадцатью сталежелезобетонными колоннами, которые через каждые 8 этажей соединены с ядром выносными фермами; 800-тонным отвесом на уровне 92-го этажа для устойчивости при землетрясениях (рис.14.20.3).



Рис. 14.20.1

а) б)



Рис. 14.20.2

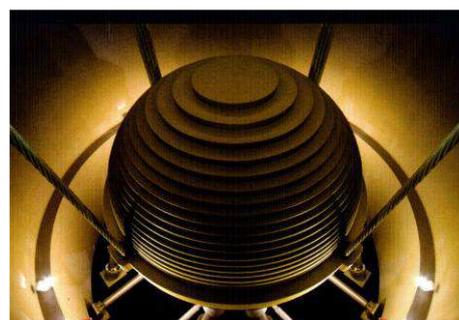


Рис. 14.20.3



Рис. 14.20.4

## **21. БАШНЯ МОНТЕВИДЕО (Роттердам. Нидерланды)**

43-этажная башня Монтевидео высотой 499 футов или 152 метра, возведенная в 2005 году по проекту архитектурной фирмы «Мекано», расположена на историческом пирсе Вильгельмины на реке Новый Маас (рукав Рейна) в Роттердаме (рис.14.21.1–14.21.4).

Башня Монтевидео высотой 499 футов на пирсе Вильгельмины коренным образом изменила облик части города. На фасаде, приведенном на рис.14.21.1а и разрезе (рис.14.21.2), показана объединяющая высотную и многоэтажную части комплекса стилобатная часть, над которой возвышаются три архитектурных объема, включая: башню (на западе); «Водные апартаменты» (на северо-востоке) и задние с офисами, ресторанами, плавательным бассейном и спортивным залом (в центре). «Водные апартаменты», изображенные на переднем фасаде (рис.14.21.1б), отличаются единством материала и регулярным расположением окон. Для фасадов башни характерно разнообразие форм, материалов и цветов. Некоторые части выдаются в сторону залива, другие изрезаны рядами террас, открытых галерей и балконов, с которых открываются прекрасные городские морские виды (рис.14.21.3). Объединяющая различные части комплекса стилобатная часть имеет прозрачную оболочку, благодаря которой она совершенно открыта и проницаема для взгляда с улицы. Мощные опоры-колонны и раскосы, поддерживающие нависающий над стилобатом объем «Водных апартаментов», одновременно являются частью интерьера здания. Большие застекленные участки на фасадах башни тоже обеспечивают великолепное освещение интерьеров и возможность любоваться эффектными видами окрестностей (рис.14.21.4). Внутри небоскреба размещены 192 жилые единицы, подразделяющиеся на 54 типа с разным объемом.

а)

б)



Рис. 14.21.1

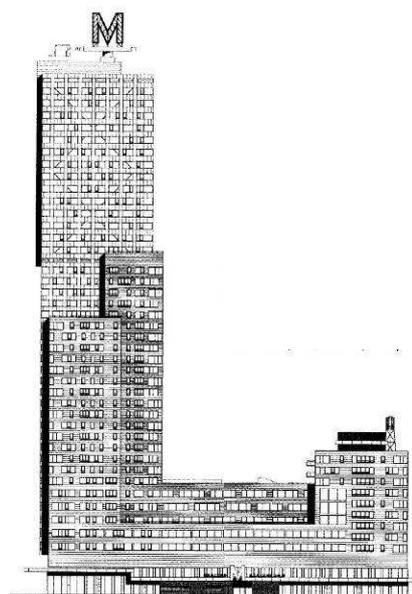


Рис. 14.21.2

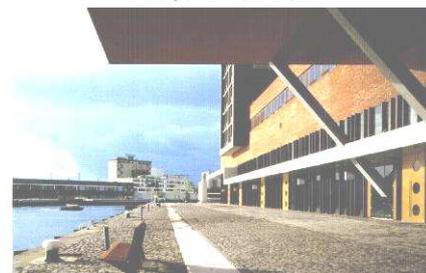


Рис. 14.21.3

а)

б)

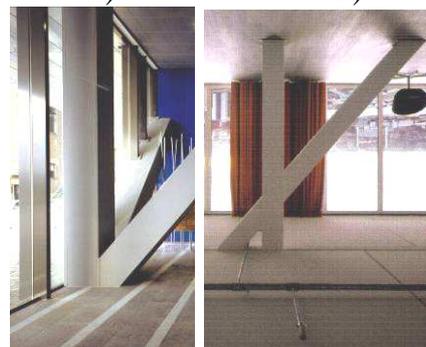


Рис. 14.21.4

## 22. ПОВОРАЧИВАЮЩИЙСЯ ТОРС (Мальме. Швеция)

57-этажное, самое высокое жилое здание в Швеции, башня с динамичной скульптурной формой «Поворачивающегося торса» (HSB Turning Torso Tower) высотой 623 фута, или 190 метров, возведено в 2005 году по проекту испанского архитектора Сантьяго Калатравы компанией HSB, расположено в городе Мальме (рис.14.22.1–14.22.5).

На данном объекте автор воплотил идею «скручивающейся» формы через движение, напоминающее поворот человеческого тела. Поэтому небоскреб в Мальме смоделирован по образцу одной из таких скульптур, в которой кубы последовательно поворачиваются вокруг оси, создавая видимость скручивания всей формы. И действительно, «Поворачивающийся торс» состоит из девяти одинаковых кубических объемов, поставленных друг на друга и «нанизанных» на центральное железобетонное ядро жесткости, вокруг которого они последовательно поворачиваются на несколько градусов. Угол поворота верхнего куба по отношению к нижнему составляет 90 градусов. Все эти сегменты имеют поворот по горизонтали с той стороны, с которой с помощью системы горизонтальных и диагональных связей и распорок присоединены к стальному наружному каркасу – внешнему «позвоночнику» башни, позволяющему реализовать эффект вращения (рис.14.22.4). Все кубы представляют собой 5-этажные «здания», изолированные от друг друга. В промежутках между ними размещены технические этажи с оборудованием. Сначала было возведено центральное ядро жесткости из железобетона, которое использовалось как структурный скелет здания. Затем были возведены этажи и добавлены жилые модули, соединенные с внешним стальным каркасом. Как и архитекторы хай-тека, Калатрава превращает конструкцию в выразительное средство.



Рис. 14.22.1

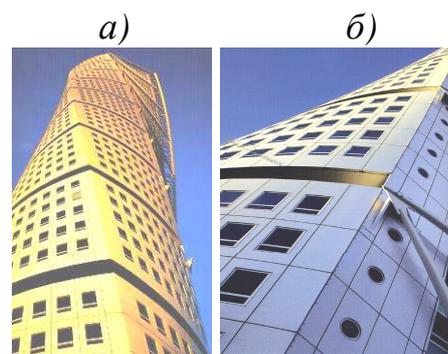


Рис. 14.22.2

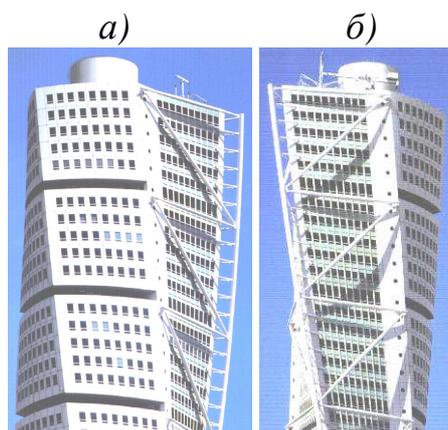


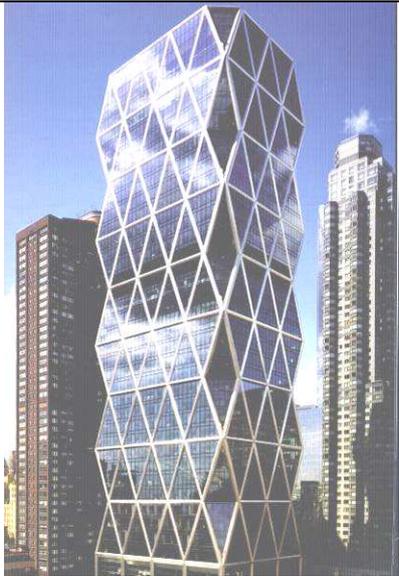
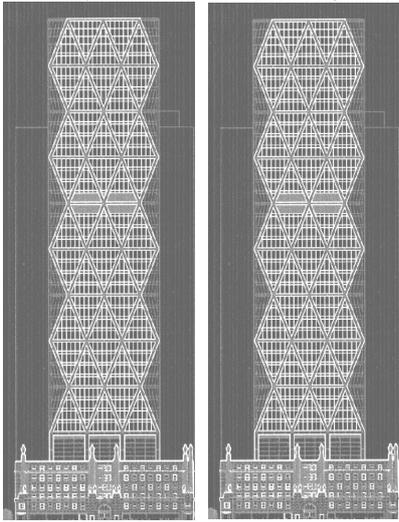
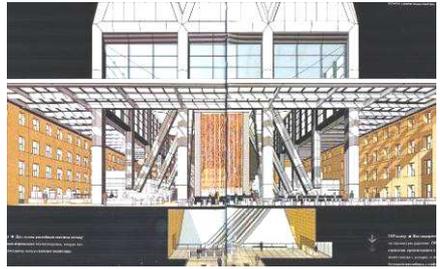
Рис. 14.22.3



Рис. 14.22.4



Рис. 14.22.5

1	2
<p style="text-align: center;"><b>23. ХЕРСТ ТАУЭР (Нью-Йорк. США)</b></p> <p>46-этажный небоскреб новой штаб-квартиры корпорации «Херст», высотой 597 футов, или 182 метра, возведен в 2006 году по проекту британского архитектора Норманна Фостера, расположен в городе Нью-Йорке (рис.14.23.1–14.23.5).</p> <p>Небоскреб Фостера отличается от своих соседей наличием диагональной металлической решетки, обрамляющей со всех сторон его стеклянную оболочку (рис.14.23.1). Схемы разрезов по башне (рис.14.23.2) наглядно демонстрируют, как между башней Норманна Фостера и ее стилобатной частью выстраиваются отношения контраста: небоскреб вырастает из цокольной части и в то же время остается изолированным. На рис.14.23.3 представлен фрагмент стилобатной части небоскреба в объемном разрезе, где видны разные уровни вестибюля и способ, с помощью которого новое здание «привито» на старое. Два строения разделены застекленной крышей, пространство под которой залито солнечным светом. Два этажа вестибюля связаны между собой тремя огромными эскалаторами, вокруг которых размещены искусственные водопады. Все содержимое старого здания, на месте которого возведен небоскреб Херст Тауэр, было полностью демонтировано. Образовавшееся пространство организовано в виде двух уровней, включая: нижний – связанный с внешним пространством; верхний – на котором находится большой вестибюль с кафе, рестораном и местами для встреч. Использование структурной диагональной решетки вместо более распространенной системы балок и колонн позволило существенно уменьшить толщину несущих элементов и обойтись без вертикальных связей. Все здание выглядит более легким и проницаемым для взгляда снаружи и изнутри. Такая система остова позволяет освободить</p>	 <p style="text-align: center;">Рис. 14.23.1</p> <p style="text-align: center;">а)                      б)</p>  <p style="text-align: center;">Рис. 14.23.2</p>  <p style="text-align: center;">Рис. 14.23.3</p> 

пространство цокольной части здания.

Рис. 14.23.4

1

2

## 24. ЗДАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПО ИНВЕСТИЦИЯМ АБУ-ДАБИ (Абу-Даби. ОАЭ)

38-этажный небоскреб управления по инвестициям Абу-Даби (ADIA) высотой 607 футов, или 185 метров, возведен в 2007 году по проекту фирмы «Кон Педерсен Фокс», расположен в Абу-Даби (рис.14.24.1–14.24.5).

Изогнутая форма башни выбрана Kohn Pedersen Fox Associates, чтобы вызвать ассоциацию с морской тематикой плавания в Заливе, а также с целью выделения здания из общего городского ландшафта. Фасад здания, образованный двумя слоями светопрозрачного закаленного стекла, придает ему цельный облик и биоклиматические характеристики. Разрабатывая свои конструкции, архитекторы из «Кон Педерсен Фокс» выбирают самые пластичные и динамичные формы – песчаные дюны; раздуваемые ветром паруса или спирали, выражающие динамику роста и развития (рис.14.24.3).

На генеральном плане (рис.14.24.2) хорошо виден небольшой изгиб линии фасада: северное крыло сооружено параллельно триангуляционной сетке города, южное – слегка повернуто в сторону моря. Зеленая зона, тянущаяся от морского берега до подножья небоскреба, заканчивается под навесом оригинальной светопрозрачной конструкции, которым оформлен главный вход в здание (рис.4).

На эскизе (рис.14.24.3а) и на разрезе (рис.14.24.3б) можно наблюдать, как формируется и строится форма небоскреба, включая: прямоугольник, от которого отрезан треугольный формат, изгибается и образует последовательность из выпуклостей и углублений. На чертежах фасадов и в разрезе хорошо видно, как архитектурная композиция меняется благодаря «складкам» изогнутого фасада. Небоскреб «ADIA» коренным образом отличается по форме от окружающих его зданий,



Рис. 14.24.1



Рис. 14.24.2

а)

б)

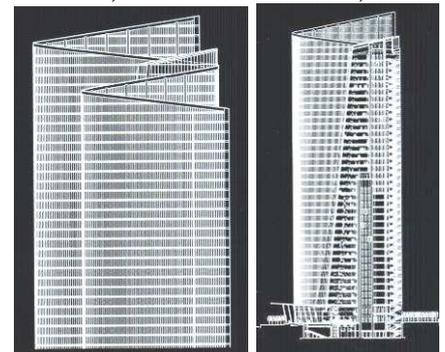


Рис. 14.24.3



Рис. 14.24.4

представляет собой необычное, причудливое дополнение к панораме Абу-Даби.



Рис. 14.24.5

1

### 25. ЗДАНИЕ «НЬЮ-ЙОРК ТАЙМС» (Нью-Йорк. США)

52-этажный небоскреб новой штаб-квартиры «Нью-Йорк Таймс», высотой 1046 футов, или 319 метров, возведен в 2007 году по проекту Ренцо Пьяно, расположен в районе Манхэттена, в западной части Таймс-сквер на 8-й авеню, между 40-й и 41-й улицами Нью-Йорка (рис.14.25.1–14.25.5).

Здание имеет простой и изящный облик – это правильная призма со стеклянным фасадом (рис.14.25.1). Чистая геометрия башни Ренцо Пьяно контрастирует с заостренной Таймс-сквер, где преобладают здания причудливых форм и расцветок. Здание окружено вертикальными стеклянными поверхностями, которые полностью закрывают восточный и западный фасады, а с северной и южной стороны – только два средних модуля. Конструкция антенны виртуально продолжает устремленность и «движение» небоскреба к небу. На вершине небоскреба навесные стены поднимаются выше отметки крыши, создавая такое впечатление, словно здание постепенно растворяется в небе (рис.14.25.2б).

Навесные стены состоят из двух слоев стекла и системы керамических стержней, навешенных на тонкий стальной каркас здания (рис.14.25.3а). Диагональные стальные затяжки в составе стального остова небоскреба придают пространственному каркасу прочность и геометрическую неизменяемость (рис.14.25.3б). Детали соединения строительных конструкций стального каркаса небоскреба приведены на рис.14.25.4. Прозрачный фасад здания позволяет обеспечить хорошее освещение интерьеров и эффективные виды

2

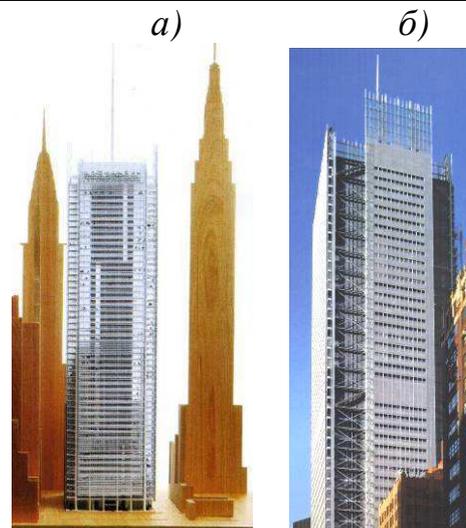


Рис. 14.25.1

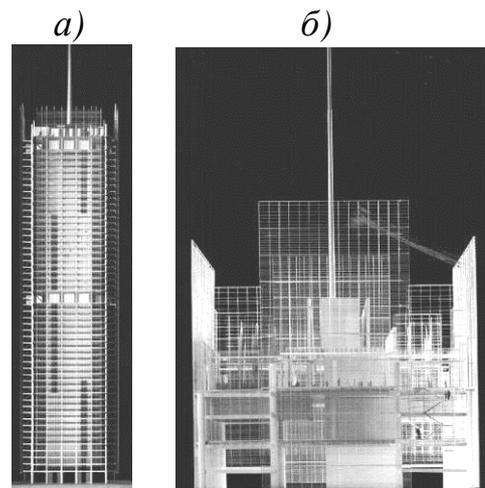


Рис. 14.25.2

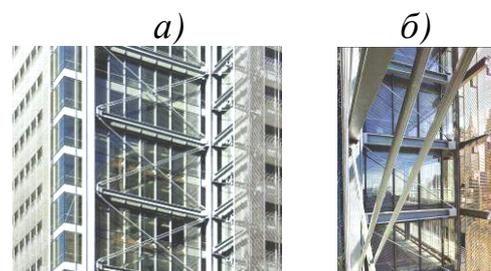


Рис. 14.25.3

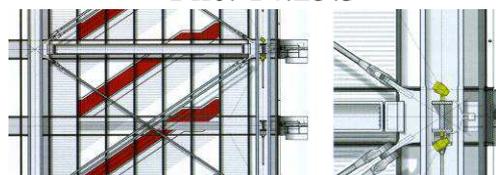


Рис. 14.25.4

на Манхэттен. Разрез цокольной части демонстрирует: вестибюль, зимний сад и торговый центр (рис.14.25.5).



Рис. 14.25.5

1

2

## 26. ССТV ШТАБ-КВАРТИРА

(Пекин, Китайская Народная Республика)

51-этажный небоскреб новой штаб-квартиры Центрального телевидения Китая (ССТV) высотой 768 футов, или 234 метра, возведен в 2008 году по проекту Рема Колхааса, расположен в центре Пекина (рис.14.26.1–14.26.4).

Замкнутая петля штаб-квартиры ССТV и здание TVCC с его сплошной «пиксельной» поверхностью выделяются среди небоскребов центрального Пекина своими новаторскими, необычными формами (рис.14.26.1, 14.26.2). Две перевернутые буквы «L», соединенные вместе в замкнутую петлю, отгораживают и перекрывают сверху общественное пространство Медиа-парка, образуя большое «окно», обрамляющее часть городского ландшафта. Решетка пространственного несущего каркаса неоднородна, она плотнее в тех местах, где здание, в соответствии с конструктивными особенностями подвергается формированию значительных напряжений в элементах остова от приложенных нагрузок к объемно-пространственной системе. Поэтому наружная структура каркаса, на первый взгляд кажущаяся случайной, на самом деле имеет абсолютно обоснованную требуемой прочностью и пространственной жесткостью и устойчивостью систему. Стальная пространственная, решетчатоструктурная система остова здания, охватывающая здание по его периметру, особенно наглядно видна на этапе строительства (рис.14.26.3a). На рис.14.26.3б обозначены различные виды деятельности, для которых отведены помещения в здании и его цокольной части, а также способы взаимодействия между ними. Два проекта Рема Колхааса в разрезе (рис.14.26.4). На правом рисунке штаб-квартиры ССТV различными цветами отмечены этажи,

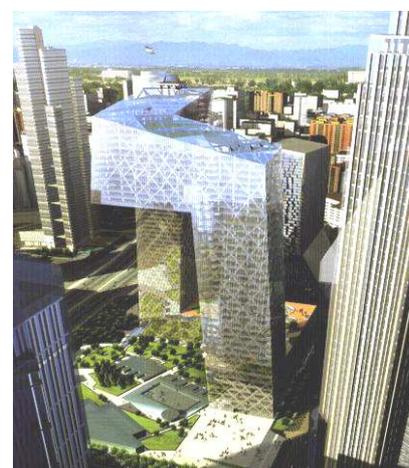


Рис. 14.26.1

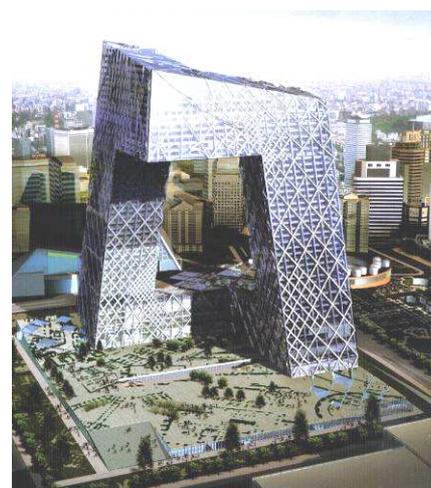


Рис. 14.26.2

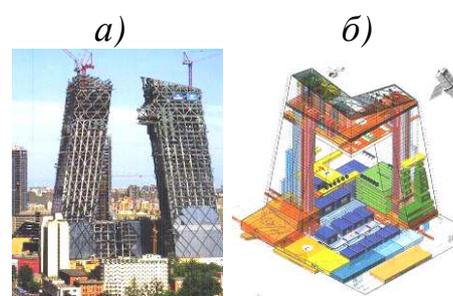


Рис. 14.26.3

предназначенные для различных видов деятельности. Петлеобразная форма постройки позволяет выстроить из них непрерывную последовательность и сосредоточить весь процесс производства телепрограмм в одном здании.

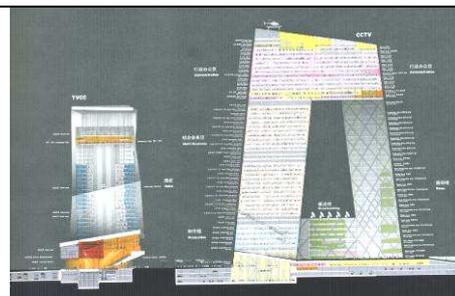


Рис. 14.26.4

1

2

## 27. ЦЕНТР «ИНЬТАЙ» В ПЕКИНЕ (Пекин. Китайская Народная Республика)

Центр «Иньтай» – это многофункциональный комплекс, состоящий из трех башен, центральная башня имеет 63 этажа, а две боковые – по 43 этажа. Высоты башен, соответственно, составляют: центральная башня – 820 футов, или 250 метров, две боковые башни – по 610 футов, или по 186 метров. Комплекс из трех небоскребов возведен в 2008 году по проекту американского архитектора Джона Портмана. Башни расположены в самом центре делового квартала Пекина, возле улицы Цзяньгомэньвай и Всемирного торгового моста (рис.14.27.1–14.27.3).



Рис. 14.27.1

Архитектору Джону Портману свойственно всегда уделять большое внимание взаимоотношениям между зданиями и их природным и культурным контекстом, учету интересов людей, населяющих пространство, в котором сочетаются естественные и искусственные элементы. В проекте «Иньтай» он разрабатывает ту же тему, используя простую функциональную форму и связывая ее с существующим окружением с помощью мотивов, взятых из местной культуры.

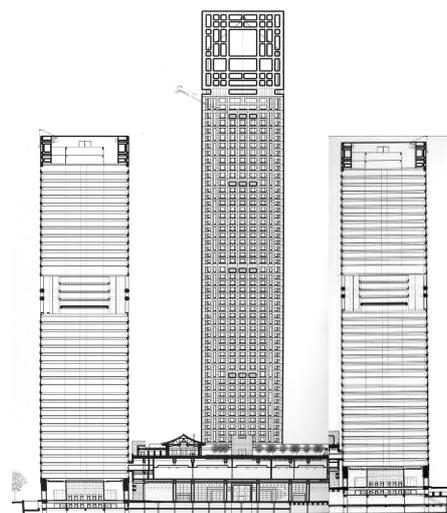


Рис. 14.27.2

Три башни правильной прямоугольной формы связаны воедино в цокольной их части (рис.14.27.2). Их отличительной чертой является ритмичный рисунок, образованный квадратными ячейками навесных стен, выполненных из стали и алюминия. На продольном разрезе (рис.14.27.2) виден регулярный ритм расположения этажей в офисных башнях-близнецах. Исключением являются только большие вестибюли и центральный подиум, на крыше которого

располагается сад.

В каждой башне имеется входное фойе, организованное в виде нескольких уровней с магазинами, ресторанами и мест для деловых встреч (рис.14.27.3).



Рис. 14.27.3

1

2

## 28. ШАНХАЙСКИЙ ВСЕМИРНЫЙ ФИНАНСОВЫЙ ЦЕНТР (Шанхай. Китайская Народная Республика)

101-этажный небоскреб Всемирного финансового центра (SWFC) высотой 1614 футов, или 492 метра, возведен в 2008 году по проекту фирмы «Кон Педерсен Фокс», расположен в шанхайском квартале Луцзяцзуй (район Пудун) Шанхая (рис.14.28.1–14.28.3).

Узкий и стройный небоскреб Шанхайского всемирного финансового центра выделяется среди пестрой вертикальной застройки Шанхая (рис.14.28.1). Конструкции фасада, выполненные из стали и закаленного стекла, подчеркивают плавную абстрактную форму здания, выделяя его на фоне остальных небоскребов с акцентированным ритмом этажей (рис.14.28.2а).

Наглядным примером обеспечения требуемой прочности и устойчивости стройного небоскреба являются степень насыщенности стальными конструктивными элементами остова с его внешней стороны, а также центральное ядро жесткости из монолитного железобетона, наблюдаемые на рис.14.28.2б во время возведения башни. Взгляд на здание небоскреба с двух разных ракурсов позволяет понять и оценить, из чего складывается его необычная форма: прямая



Рис. 14.28.1

а)

б)

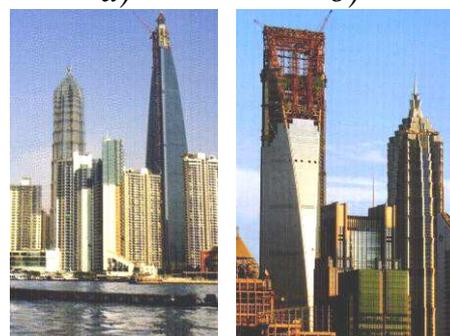


Рис. 14.28.2

а)

б)

в)

призма пересекается двумя дугами, которые на вершине сходятся в прямую линию (рис.14.28.3а и 14.28.3б).

На разрезе, приведенном на рис. 14.28.3в видна организация внутренних пространств в соответствии с их функциями по замыслу автора, включая: в подземной, цокольной и стилобатной зонах находятся парковочная и торгово-развлекательные помещения; нижние этажи небоскреба заняты офисами; на верхних этажах разместился отель; а на вершине имеется панорамная смотровая площадка и рестораны. Нижняя часть здания небоскреба представляет собой подиум, облицованный камнем.



Рис. 14.28.3

1  
**29. БУРЖ ДУБАЙ**  
(Дубай. ОАЭ)

162-этажный, самый высокий небоскреб-башня Бурж Дубай высотой 2684 фута, или 818 метров, возведен в 2009 году по проекту архитектурной мастерской SOM («Скидмор, Оуингс & Меррилл»), расположен в Дубае (рис.14.29.1–14.29.4).

Хотя башня Бурж Дубай находится в районе с большим количеством недавно построенных небоскребов, из-за своих гигантских размеров она выпадает из контекста городского делового квартала, превращая всех своих соседей в карликов (рис.14.29.1а). По внешнему виду башня напоминает дикорастущий цветок панкраций, растущий по спирали вверх, взмывая к самому небу (рис.14.29.1б).

Вид снизу подчеркивает изящную форму башни, которая вырастает из массивного основания и уступами сужается кверху, переходя в шпиль антенны на высоте 818 метров над поверхностью земли (рис.14.29.2).

Генеральный план города Дубай, приведенный на рис.14.29.3 представляет собой систему искусственных островов и озер, выпол-



Рис. 14.29.1

ненных техногенным методом при помощи намыва песка гидромониторным способом. Наряду с этим возведенные на намывных островах здания головокружительной высоты и прочие отличительные особенности территории свидетельствуют о победе современных высоких технологий над силами природы и природным ландшафтом, который теперь полностью находится под контролем человека. На плане местности видно, что башня Бурж Дубай находится на небольшом искусственном острове посреди рукотворного озера, окруженного рядами меньших по высоте небоскребов (рис.14.29.4).

В плане здание имеет форму трех лепестков вокруг центрального ядра жесткости и ряда колонн по периметру. Каждый «лепесток» имеет свое собственное ядро жесткости.

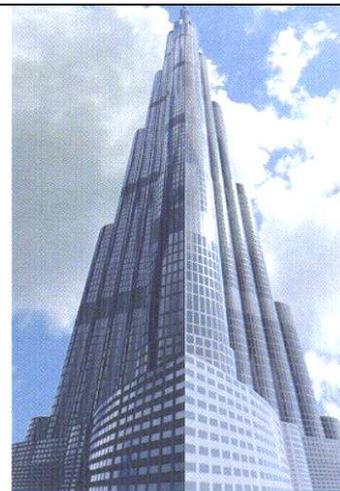


Рис. 14.29.2

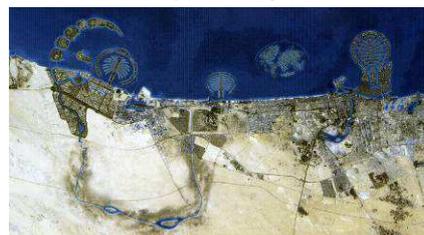


Рис. 14.29.3



Рис. 14.29.4

1

### 30. БУРЖ КАТАР (Доха. Катар)

44-этажный небоскреб Бурж Катар высотой 760 футов, или 231 метр, возведен в 2010 году по проекту французского архитектора Жана Нувеля, расположен между набережной и городским центром Доха (рис.14.30.1–14.30.4).

Небоскреб Бурж Катар, являющийся офисным зданием в катарском городе Доха, окружен со всех сторон зелеными насаждениями. На схемах генерального плана,

2

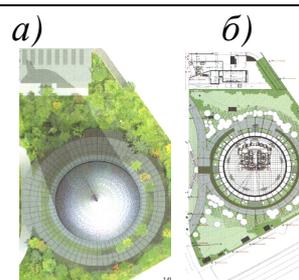


Рис. 14.30.1

приведенных на рис.14.30.1, отчетливо видна ее круглая форма, несущая конструкция остова с парными рядами колонн, расположенных вдоль края здания и асси-метрично размещенное ядро жесткости (рис.14.30.1а и 14.30.1б). На разрезе здания можно увидеть сад, расположенный на склоне и ведущий к входу в башню с навесом, ассиметрично расположенное ядро жесткости (рис.14.30.2).

В дизайне внешней оболочки присутствуют переосмысленные и характерные для исламской архитектуры мотивы *мушараби*. Создаваемый эффект зависит от интенсивности освещения поверхности криволинейного фасада. Когда башня Бурж Катар освещается изнутри, становятся видны все слои, из которых она состоит, включая: внутреннюю структурную решетку; стеклянный фасад и наконеч, солнцезащитную сотовую систему (рис.14.30.3а). Аксонометрические проекции стальной конструкции купола демонстрируют его особенности, включая: расположение несущих элементов; структуру диагональной решетки, в которую вставлены стеклянные панели и, наконец, наложение этих конструкций друг на друга (рис.14.30.3б). Деталь конструкции стального купола в разрезе, представленном на рис.14.30.4, демонстрирует особенности, включая: конструкции наружных алюминиевых элементов; расположение стеклянных панелей, размещенных по середине; и внутреннюю стальную конструкцию купола (рис.14.30.4).

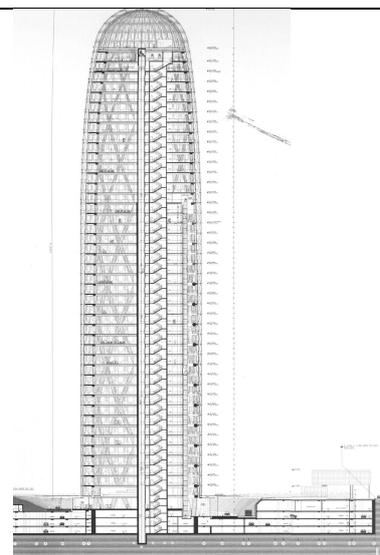


Рис. 14.30.2

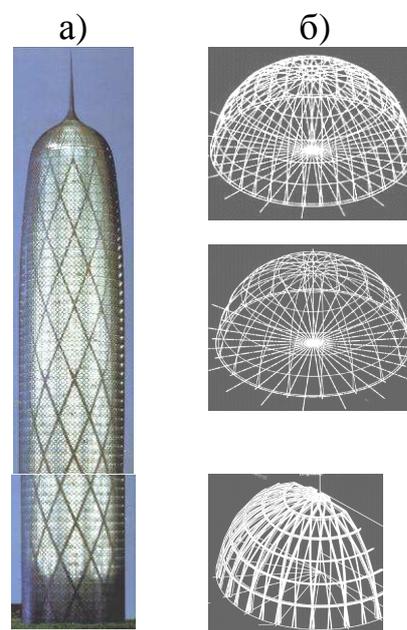


Рис. 14.30.3

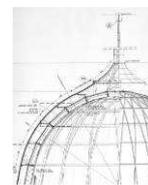


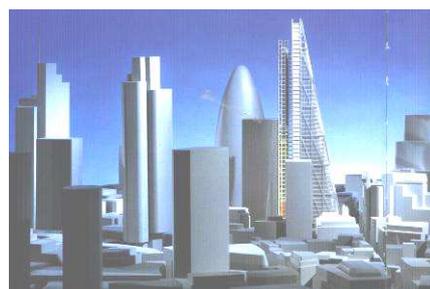
Рис. 14.30.4

1

### 31. ЛЕДЕНХОЛЛ-БИЛДИНГ (Лондон. Великобритания)

50-этажный офисный небоскреб высотой 737 футов, или 225 метров, возведен в 2011 году по проекту архитектора Ричарда Роджерса, расположен в стратегическом месте Лондонского

2



Сити, являющемся финансовым центром английской столицы (рис.14.31.1–14.31.5).

Башни Леденхолл-билдинг Ричарда Роджерса и Мэри-Экс, 30 Нормана Фостера преобразили профиль городской застройки своими необычными силуэтами, столь непохожими на традиционные небоскребы Сити (рис.14.31.1).

Клинообразная форма небоскреба имеет ряд серьезных достоинств, поскольку она не искажает вид на собор Святого Павла, в то же время оставляя больше пространства для офисов и обеспечивая хорошее естественное освещение помещений (рис.14.31.2). Наклонный фасад небоскреба Леденхолл-билдинг придает ему оригинальный стройный облик, сочетающийся с динамизмом стоящего напротив здания компании «Ллойд».

Отличительной чертой северного фасада небоскреба является прямоугольный объем, внутри которого находятся шахты инженерных коммуникаций. Сквозь застекленные стены фасадов видно движение людей внутри здания, что создает живой, динамичный эффект (рис. 14.31.3). Двухслойная облицовка фасадов обеспечивает естественное освещение интерьеров и сокращает потери тепла. На нижних этажах башни находится просторное, открытое для публики фойе, в которое можно войти с разных сторон. Возникает впечатление, что улица и здание визуальное единое городское пространство (рис.14.31.4). Фойе представляет собой застекленное помещение высотой 30 метров. Внутри произрастают высококоронные деревья и установлены скамейки, создающие атмосферу улицы (рис.14.31.5).

Рис. 14.31.1



Рис. 14.31.2



Рис. 14.31.3

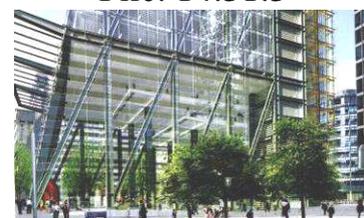


Рис. 14.31.4



Рис. 14.31.5

1

2

### 32. «ПИНАКЛЬ» (Лондон. Великобритания)

63-этажный небоскреб, являющийся ведущим экономическим и финансовым центром Европы, высотой 945 футов, или 288 метров, возведен в 2011 году по проекту фирмы «Кон Педерсен Фокс», расположен в английской столице Лондоне (рис.14.32.1–14.32.3).

На схематическом плане крыши небоскреба «Пинакль» отчетливо читается его необычная форма, образованная поверхностью, которая словно оборачивается вокруг самой себя, и достигающая максимальной высоты в центре (рис.14.32.1).

В ближайшей перспективе панорама лондонского Сити радикально изменится. Здесь вырастает целый ряд необычных небоскребов, спроектированных ведущими архитекторами мира (рис.14.32.2).

Застекленная поверхность фасадов «Пинакля» заворачивается, образуя спираль. Получившаяся фигура определяет силуэт башни от ее вершины до основания, где блестящая «кожа» расширяется и образует навес над площадью перехода с входом в здание (рис.14.32.3).

В цокольной части башни имеются три полуподземных уровня с магазинами; три нижних этажа также отведены под магазины и рестораны. Остальная часть небоскреба – это 88258 м<sup>2</sup> офисных площадей, расположенных на 56 этажах.

Криволинейные очертания конструкции обеспечивают светопрозрачность и целостность фасада, скрывая при этом каркас. Все панели имеют одинаковый размер, что снижает стоимость их изготовления. Вместе они образуют вентилируемую стену, внутри которой циркулирует воздух.

«Пинакль», как и другие здания, оборудовано энергосберегающими системами – на вершине спирали размещены солнечные батареи, которые частично обеспечивают его потребности в электроэнергии.

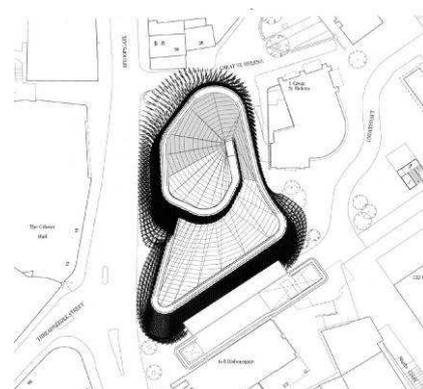


Рис. 14.32.1



Рис. 14.32.2



Рис. 14.32.3

# ЭТАЛОН ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ВЫСОТОЙ БОЛЕЕ 75 М

## Область применения

Эталон технических условий разработан в дополнение и развитие «Общих положений к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м» и предназначен для использования проектными и строительными организациями, заказчиками и инвесторами в качестве методических материалов для разработки технических условий на строительство конкретных жилых зданий высотой более 75 м в г. Москве.

## Общие положения

1. В соответствии с требованиями [83] и [16] жилые здания высотой более 75 м должны проектироваться по индивидуальным техническим условиям, поскольку в настоящее время отсутствуют нормативные требования для подобного рода уникальных объектов.

Технические условия на проектирование указанных зданий должны быть согласованы со следующими органами государственного надзора – вначале с УГПС МЧС г. Москвы, ЦГСЭН в г. Москве, Департаментом природопользования и охраны окружающей среды Правительства Москвы, Москомархитектурой, Мосгосэкспертизой, затем с ГУГПС МЧС России и Госстроем России, после чего утверждены Заказчиком.

Практическим руководством для разработки технических условий являются «Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м» [117], разработанные ОАО ЦНИИЭП жилища, НИИОСП им.Н.М. Герсеванова, СантехНИИпроектом и рядом специалистов из московских организаций. В соответствии с приказом Председателя Москомархитектуры А.В.Кузьмина от 17.05.2002 № 101 рекомендовано заинтересованным организациям привлекать по заказу к разработке технических условий ОАО ЦНИИЭП жилища и другие организации, участвующие в разработке «Общих положений» [117].

2. Технические условия на проектирование жилого здания высотой более 75 м (далее – жилого высотного здания) должны быть разработаны после утверждения задания на его проектирование, разработки, согласования и утверждения архитектурно-градостроительного решения (архитектурного проекта), а также при предварительной проработке ряда основополагающих вопросов проектирования, в частности, после:

- проведения предварительных изысканий на площадке строительства и принятия в предварительном порядке решения по выбору типа фундамента здания;
- принятия решения по конструктивной схеме жилого высотного здания;
- принятия принципиальных решений по инженерному обеспечению здания с учетом выделения в здании пожарных отсеков;
- принятия, при необходимости, других важных технических решений.

3. Приведенные ниже в качестве эталона технические условия на проектирование 43-этажного жилого здания на ул. Давыдовской являются

примером технических условий на проектирование конкретного высотного здания. Технические условия на проектирование других объектов могут существенно отличаться по ряду позиций, например, в зависимости от геологических условий площадки строительства, принятой конструктивной схемы здания, высоты здания и др.

15.1. Технические условия на примере проектирования 43-этажного Жилого здания по адресу: город Москва, улица Давыдовская, влад. №3  
Общие данные

### 15.1.1. Основание для разработки специальных технических условий

Постановление Правительства Москвы от 2 февраля 1999 г. № 80-ПП «О реализации городской комплексной инвестиционной программы "Новое кольцо Москвы».

### 15.1.2. Общие сведения об участке строительства

Участок строительства площадью 1,04 га расположен в Западном административном округе г. Москвы, муниципальный округ "Фили-Давыдково", ул. Давыдовская, влад. №3. Проектируемое жилое здание завершает застроечный ряд по ул. Давыдовская и благодаря повороту корпуса по диагонали участка подтверждает свой статус «углового дома» на пересечении ул. Давыдовской с городской транспортной магистралью – Можайским шоссе, являясь доминантой при въезде в г. Москву с западного направления. К участку строительства примыкает сложившаяся застройка жилого микрорайона «Давыдково» 5-этажными и 14–19-этажными домами вдоль Славянского бульвара. Непосредственно с юга примыкает 25-этажный жилой дом, с севера – территория детского сада, с восточной стороны – лесной массив, с юго-западной стороны от участка будет возведена подземная автостоянка для жителей проектируемого здания.

### 15.1.3. Краткая характеристика высотного жилого здания

43-этажное жилое здание состоит из трех блоков – центрального и двух однотипных боковых. Этажность здания – 43 этажа в центральном блоке и 34 этажа – в боковых блоках; из них: жилые этажи – с 4-го по 19-й, с 21-го по 34-й и с 36-го по 43-й, нежилые этажи общественного назначения – с 1-го по 3-й, технические этажи – подземный, 20-й, 35-й и 44-й. Высота здания – 136,8 м центрального блока и 107,7 м боковых блоков.

№ пп.	Наименование показателей для высотного жилого здания	Единица измерения	Количество
1.	Количество секций	<i>секций</i>	2
2.	Высота этажа	<i>м</i>	3,200
3.	Площадь застройки	<i>м<sup>2</sup></i>	2422,500
4.	Общая площадь здания	<i>м<sup>2</sup></i>	74347,400
5.	Строительный объем	<i>м<sup>3</sup></i>	271943,340
6.	Общая площадь жилой части здания	<i>м<sup>2</sup></i>	65330,270
7.	Общая площадь нежилой части здания	<i>м<sup>2</sup></i>	9017,130

## 15.2. АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

### 15.2.1. Общие требования

2.1.1. Архитектурно-планировочные решения 43-этажного жилого здания по ул. Давыдковской должны быть выполнены в соответствии с нижеприведенными требованиями с учетом положений [74] и требований МГСН 3.01-01 [41] к жилищу I категории по уровню комфорта, которые не противоречат особенностям жилых высотных зданий.

2.1.2. Архитектурно-планировочные решения указанного здания, представляющего собой в плане два квадрата, соединенных вставкой по диагональной оси, должны учитывать экологические и градостроительные условия участка строительства согласно требованиям СП 11-102-97 [89] и МГСН 1.01-99 [36], а также обеспечивать снижение ветровых потоков, возникающих у первых этажей, и создавать рациональные условия аэрации здания в соответствии с «Рекомендациями» [116].

### **15.2.2. Требования к объемно-планировочным решениям**

2.2.1. Состав и площади квартир здания, их процентное соотношение должны быть приняты в соответствии с заданием на проектирование.

2.2.2. В соответствии с требованиями пожарной безопасности, помещения общественного назначения должны быть расположены на 3-х нижних надземных этажах здания и выполнены с автономными вертикальными связями и входами, а технические этажи – в подземном, 20-м, 35-м и 44-м этажах. Соответственно жилые этажи следует расположить с 4-го по 19-й, с 21-го по 34-й и с 36-го по 43-й этажи.

2.2.3. Ввиду особых и сложных грунтовых условий площадки строительства следует выполнить подземные автостоянки для личных автомобилей жителей здания. Автостоянки должны быть запроектированы в соответствии с требованиями [17] и МГСН 5.01-01 [45]. Вместимость автостоянки необходимо обеспечить в соответствии с требованиями МГСН 1.01-99 [36] к жилищу I категории по уровню комфорта.

2.2.4. В вестибюльной группе помещений жилой части здания должны быть предусмотрены помещения для поста охраны и диспетчерской, а также другие помещения в соответствии с требованиями МГСН 3.01-01 [41]. Диспетчерскую следует запроектировать у наружной стены с естественным освещением. В помещении охраны необходимо предусмотреть размещение рабочего стола и места для приема пищи и отдыха охранников. Помещения диспетчерской и охраны должны быть оборудованы индивидуальным санитарным узлом с унитазом и умывальником.

2.2.5. Должны быть выполнены требования МГСН 3.01-01 [41] и закона г. Москвы от 17.01.01 [120] о беспрепятственном допуске маломобильных групп населения, в т.ч. инвалидов-колясочников в помещения здания.

2.2.6. На здании должны быть предусмотрены передвижные устройства для ремонта и очистки фасадов, в т.ч. мытья остекления. Архитектурные детали на фасадах не должны мешать работе указанных устройств. Для размещения наружных блоков систем кондиционирования (сплит-систем) на фасадах следует предусмотреть специальные места крепления (на балконах, лоджиях и т.д.), чтобы не нарушить архитектурный облик здания в целом.

2.2.7. Балконы, а также лоджии здания, кроме переходных, размещенных по незадымляемым лестничным клеткам, должны быть остеклены и иметь соответствующие ограждения, обеспечивающие снижение психологического дискомфорта высотобоязни у проживающих.

2.2.8. Окна в помещениях здания, расположенных выше 20-го этажа, в целях безопасности (защиты от высокого скоростного напора ветра) должны быть выполнены с неоткрываемыми наружными створками.

2.2.9. Мероприятия по гражданской обороне должны быть выполнены согласно заданию на проектирование и в соответствии с требованиями [2].

### **15.2.3. Требования к наружной и внутренней отделке здания**

2.3.1. Фасады должны быть выполнены из материалов и конструкций, имеющих долговечность согласно расчетному сроку службы здания либо межремонтному сроку его эксплуатации, и удовлетворяющих противопожарным требованиям.

2.3.2. Авторы проекта должны согласовать колористику наружного слоя стен здания с соответствующими службами г. Москвы.

2.3.3. Остекление балконов и лоджий следует выполнить по прочностным соображениям из армированного или закаленного стекла.

2.3.4. Материалы внутренней отделки должны иметь сертификаты гигиенической и пожарной безопасности, допускающие использование их в жилых высотных зданиях.

## **15.3. ОСНОВАНИЕ, ФУНДАМЕНТ И ПОДЗЕМНАЯ ЧАСТЬ ЗДАНИЯ**

### **15.3.1. Общие требования**

3.1.1. Основание, фундамент и подземную часть 43-этажного здания по ул. Давыдовской следует проектировать в соответствии с требованиями норм на проектирование оснований, фундаментов и подземных сооружений [7], МГСН 2.07-97<sup>1)</sup> [38], норм на нагрузки и воздействия [5], норм на бетонные и железобетонные конструкции [75], нормативных документов, содержащих требования к материалам и правилам производства работ, а также в соответствии с нижеприведенными дополнительными требованиями, обусловленными высотой здания.

---

<sup>1)</sup> Здесь и далее. Действуют МГСН 2.07-01. - Примечание «КОДЕКС».

При этом должны быть приняты во внимание относительно сложные инженерно-геологические условия строительства здания:

– неоднородный глинисто-песчаный грунт, наличие 2-х горизонтов грунтовых вод;

– наличие существующих коллекторов горячего водоснабжения и магистрали холодного водоснабжения;

– наличие соседнего 25-этажного жилого дома на расстоянии 45 м.

3.1.2. Учитывая сложные грунтовые условия и во избежание заклинивания лифтов в 43-этажном здании, а также в других случаях, коэффициенты, входящие в предельные условия [7] и МГСН 2.07-97 [38], и предельно допустимые значения осадок и кренов здания при его расчете следует уточнить

в сторону ужесточения указанных условий, по сравнению с установленными в этих документах. Решение о таких уточнениях должно приниматься Экспертно-консультационной комиссией по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям при Правительстве Москвы по результатам рассмотрения проектной и инженерно-геологической документации.

### 15.3.2. ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ

3.2.1. Инженерно-геологические изыскания следует выполнить в две стадии. На первой (предварительной) стадии необходимо провести общую оценку инженерно-геологических условий площадки строительства и предварительно выбрать тип фундамента на основе изысканий, выполненных согласно СП 11-105-97 [87]. На этой же стадии следует провести инженерно-экологические изыскания согласно СП 11-102-97 [89].

3.2.2. На второй стадии ОАО ЦНИИЭП жилища должен составить техническое задание на проведение изыскательской организацией инженерно-геологических изысканий с учетом принятого на предварительной стадии плитно-коробчатого двухэтажного фундамента с поперечным сечением в виде ромба и руководствуясь указаниями [7], МГСН 2.07-97 [38], СП 11-105-97 [87], «Методики» [105] и «Рекомендаций» [112].

В техническом задании необходимо предусмотреть проходку следующих скважин на территории строительства:

- разведочных с расстоянием между ними не более 50 м и не менее двух по углам выбранной площадки;
- инженерно-геологических, число которых следует выполнить не менее пяти, в т.ч.: по углам и в центре габаритов высотной части здания в плане, при расстоянии между инженерно-геологическими скважинами не более 20 м.

В задании необходимо предусмотреть также выполнение статического и динамического зондирования для выявления неоднородности грунтов, их прочностных и деформационных характеристик. Число точек зондирования следует принять не менее 10, а при значительной неоднородности грунтов это число должно быть увеличено.

3.2.3. Число разведочных и инженерно-геологических скважин, предусмотренных в техническом задании, расстояния между ними как в пределах высотной части здания, так и в остальной площади застройки окончательно следует уточнить в зависимости от изученности и сложности геологических условий площадки с учетом размеров здания и требований документов п.3.2.2. Указанные скважины следует бурить на глубину залегания известняков, карбона или юрских глин. Минимальную глубину бурения необходимо назначить с учетом расчетной глубины сжимаемой толщи основания.

3.2.4. Изыскательская организация по техническому заданию ОАО ЦНИИЭП жилища и с учетом требований документов п.3.2.2 должна составить программу инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на

площадке строительства здания, которую следует подвергнуть геотехнической экспертизе согласно п.2.59 «Правил» [106]. В программу изысканий должны быть включены геофизические исследования согласно СП 11-105-97 [87]. Кроме того, необходимо предусмотреть динамические исследования грунта со дна котлована после его выборки. Состав этих исследований должен указать ОАО ЦНИИЭП жилища. В процессе разработки проекта ОАО ЦНИИЭП жилища имеет право корректировать программу изысканий.

### 15.3.3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТА И ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ

3.3.1. Предварительно выбранный тип фундамента 43-этажного здания – плитный повышенной жесткости (коробчатый, двухэтажный), должен быть рассчитан и запроектирован в соответствии с требованиями [7] и МГСН 2.07-97 [38]. При расчете фундамента удельная нагрузка на основание под плитными элементами фундамента здания не должна приниматься свыше 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>) для данных инженерно-геологических условий.

3.3.2. Коробчатая конструкция предварительно выбранного фундамента здания, включающая нижнюю плиту толщиной 1000 мм (на отм. -6,60), среднюю плиту толщиной 200 мм (на отм. -3,30) и верхнюю – толщиной 600 мм, соединенные между собой системой поперечных и продольных стен толщиной 300 и 600 мм, узлы пересечения которых служат опорами колонн здания, должна выполняться из тяжелого бетона класса В30 водонепроницаемостью W8 и морозостойкостью F200.

3.3.3. Под нижнюю плиту фундамента здания должна быть предусмотрена бетонная армированная подготовка толщиной 150 мм из бетона класса В15 по слою втрамбованного в грунт щебня толщиной не менее 200 мм.

3.3.4. Фундамент и подземные конструкции здания должны быть рассчитаны по несущей способности (предельным состояниям первой группы) согласно указаниям МГСН 2.07-97 [38], [75] и [5] с учетом п. 4.1.2. раздела ТУ «Конструктивные решения надземной части здания». Основание фундамента здания также должно быть рассчитано по двум группам предельных состояний – по несущей способности и деформациям (осадкам, кренам, прогибам и пр.).

3.3.5. Расчет усилий в фундаменте и его деформаций, а также деформаций основания должен быть выполнен из условия совместной работы надфундаментной конструкции, фундамента и основания с учетом неоднородности основания по глубине и в плане, распределяющей способности основания, воздействия соседних зданий, а также неупругих деформаций грунта, бетона и арматуры фундамента и надфундаментной конструкции согласно [7], МГСН 2.07-97 [38] и «Рекомендаций» [112]. При этом расчет следует выполнить с учетом последовательности и технологии возведения здания.

3.3.6. При расчете деформаций основания на основное сочетание нагрузок следует принять коэффициент надежности по нагрузкам равным 1,1, а при расчете основания по несущей способности на основное сочетание расчетных значений нагрузок коэффициент надежности по нагрузкам следует

признать согласно указаниям [5]. При наличии особых нагрузок и воздействий основание должно быть рассчитано на основное и особое сочетание нагрузок.

Крен здания должен быть определен с учетом ветровой нагрузки, принимаемой в размере 50% от нормативного значения.

3.3.7. На рассмотрение Экспертно-консультативной комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям при Правительстве Москвы должны быть вынесены результаты выполненных расчетов и расчетные схемы по определению:

- несущей способности и деформации основания фундамента здания;
- предельно допустимой величины средней осадки и относительной разности осадок здания, а также предельно допустимых значений крена здания;
- предельно допустимой удельной нагрузки на основание под плитными элементами фундамента;
- возможно других сложных вопросов расчета проектирования фундамента.

3.3.8. В соответствии с указаниями МГСН 2.07-97 [38] и «Методики» [105] ОАО ЦНИИЭП жилища должен разработать программу мониторинга, включающую измерение деформаций основания, фундамента и подземной части строящегося здания и окружающей застройки в процессе строительства и эксплуатации здания. Программу мониторинга необходимо подвергнуть геотехнической экспертизе согласно п.2.59 «Правил» [106].

## 15.4. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ

### 15.4.1. Общие требования

4.1.1. Конструктивные решения надземной части 43-этажного жилого здания по ул. Давыдовской должны быть выполнены в соответствии с действующими нормативными документами и нижеприведенными дополнительными требованиями, обусловленными высотой здания.

4.1.2. Рассматриваемое 2-секционное здание, состоящее из трех блоков, крайних высотой 107,7 м (34 этажа) и центрального высотой 136,8 м (43 этажа), следует отнести к I уровню ответственности согласно [5]. В связи с этим коэффициент надежности необходимо принять равным 1,2, поскольку высота здания свыше 125 м [117]. На этот коэффициент следует умножить нагрузочный эффект (внутренние силы и перемещение конструкций и оснований, вызываемые нагрузками и воздействиями).

4.1.3. Здание, выполняемое по конструктивной схеме «каркас с диафрагмами жесткости» и основными несущими конструкциями из монолитного железобетона с гибкой арматурой, должно быть рассчитано по утвержденным методикам на нагрузки и воздействия, предусмотренные действующими федеральными и московскими нормативными документами, в том числе на динамическую составляющую от ветровой нагрузки [117].

4.1.4. Должна быть предусмотрена конструктивная жесткость здания, обеспечивающая горизонтальное перемещение его верха, равное не более 1/500 от его высоты [5;108], а величина ускорения колебания перекрытий верхних этажей от ветровой нагрузки – не превышающая 0,08 м/с<sup>2</sup> [43]. Кроме того, для

улучшения работы здания под нагрузкой и, соответственно, повышения его жесткости следует при проектировании обеспечить симметричное расположение масс и жесткостей, возможно более равномерное распределение вертикальных нагрузок на колонны каркаса и стены-диафрагмы.

4.1.5. При назначении средних и пульсационных расчетных ветровых нагрузок необходимо учесть:

- периодичность повторения максимальных скоростей ветра на уровне верхних этажей здания;
- объемное решение здания;
- характер местности и влияние близкорасположенных зданий.

Указанные аэродинамические характеристики здания и территории застройки согласно МГСН 4.04-94 [43] следует определить при проектировании путем анализа метеорологических данных от ближайшей к ул. Давыдовской метеостанции наблюдений, а также, при необходимости, по результатам продувки модели здания в аэродинамической трубе, выполняемой специализированной организацией.

4.1.6. При проектировании и расчете здания следует учесть воздействия, возникающие при локальных разрушениях его несущих конструкций в результате чрезвычайных ситуаций [41; 119]. Локальные разрушения не должны приводить к прогрессирующему обрушению конструкций здания.

Для этого необходимо:

- принять технические решения, которые облегчают развитие в элементах конструкций и их соединений пластических деформаций, обеспечивающих при локальных повреждениях устойчивость конструктивной системы здания;
- выполнить расчеты здания не только в установившемся, но и в аварийном режиме, вызванном чрезвычайной ситуацией, в т.ч. пожаром, при расчетных схемах, когда одна наиболее нагруженная колонна каркаса либо колонна с участком примыкающей наружной стены или участком перекрытия разрушены;
- решить вопрос о необходимости для обеспечения расчетных характеристик здания ужесточения, по сравнению с нормативными, требований по допускам на изготовление и монтаж конструкций, бетонирование монолитных элементов здания, а также требований к качеству бетона, арматурной стали и точности установки арматуры, особенно в вертикальных конструкциях.

Выполненные расчеты здания должны быть согласованы с ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко.

4.1.7. Здание по уровню теплозащиты должно соответствовать требованиям [77], МГСН 2.01-99 [78] и СП 23-101-2000\* [30].

---

\* Здесь и далее. Действует СП 23-101-2004. –Примечание «КОДЕКС».

4.1.8. Значения допустимого шума, вибрации и звукоизоляции в жилых помещениях здания должны соответствовать требованиям МГСН 2.04-97 [79] для жилища категории А (высококомфортные условия).

Ниже приведены требования к основным несущим и ограждающим конструкциям здания – внутренним вертикальным несущим конструкциям, перекрытиям, наружным стенам и крыше, в которых отражены положения действующих нормативных документов и особенности, связанные с высотой здания.

#### **15.4.2. Внутренние вертикальные несущие конструкции**

4.2.1. Геометрические параметры внутренних несущих конструкций здания – колонн каркаса, продольных и поперечных стен-диафрагм, в том числе стен лестнично-лифтового ствола, выполняемые на основе статических и динамических расчетов, должны учитывать также требования пожарной безопасности (см. соответствующий раздел ТУ). В случае, если по расчету огнестойкости конструкций толщину защитного слоя бетона необходимо принять свыше 30 мм, его следует армировать штукатурной сеткой.

4.2.2. Площадь ствола не должна превышать 20% площади этажа. Толщину стен ствола, а также несущих простенков стен-диафрагм следует выполнить переменной толщины по высоте здания. Класс бетона внутренних несущих конструкций необходимо принять не ниже В30. Для нагруженных конструкций подземных и первых этажей здания целесообразно применение высокомарочных бетонов на основе напрягаемого цемента с привлечением специализированной организации для их изготовления.

#### **15.4.3. Перекрытия**

4.3.1. Плоские безбалочные перекрытия здания следует выполнить из монолитного железобетона при классе бетона не ниже В25. Определяемые расчетом конструктивные решения перекрытий (размеры сечения и армирование) следует запроектировать также с учетом требований пожарной безопасности (см. соответствующий раздел ТУ). При этом для обеспечения требуемой огнестойкости необходимо применить конструктивное армирование пролетов плит в верхней зоне.

4.3.2. При расчете несущих конструкций перекрытий необходимо учесть также дополнительные усилия, возникающие вследствие разности вертикальных деформаций в колоннах и примыкающих к ним стенах-диафрагмах.

#### **15.4.4. Наружные стены**

4.4.1. В соответствии с теплотехническими требованиями [77; 78; 30], принятые несущими наружные стены здания следует выполнить слоистыми с использованием эффективного утеплителя из негорючего материала. В качестве подобного утеплителя может быть использована минераловатная плита с базальтовым волокном и расчетным коэффициентом теплопроводности  $\lambda \leq 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

4.4.2. Величины сечений, а также конструктивные решения элементов, образующих внутренний несущий слой наружных стен (периферийных колонн со стенами-диафрагмами в виде простенков, соединенных перемычкой, образованной ребром перекрытия), определяемые на основе статического и динамического расчета, должны учитывать также требования пожарной

безопасности (см. соответствующий раздел ТУ). Класс бетона монолитных элементов внутреннего слоя наружной стены – не ниже В25.

4.4.3. Фасадный слой наружных стен должен быть выполнен из материалов и конструкций, имеющих долговечность согласно расчетному сроку службы здания или межремонтному сроку его эксплуатации, а также удовлетворять противопожарным требованиям. Применение в качестве фасадного слоя конкретной конструкции навесной фасадной системы с вентилируемым воздушным зазором должно быть согласовано в установленном порядке. Класс морозостойкости этого слоя должен составлять F150.

4.4.4. Окна, включая светопрозрачные ограждения остекления лоджий и балконов, следует рассчитать на сопротивление ветровой нагрузке. При этом толщину стекол в зависимости от поля остекления и класса изделий по сопротивлению ветровой нагрузке следует выполнить в соответствии с требованиями ГОСТ 23166-99 [53].

Воздухонепроницаемость окон и балконных дверей здания должна соответствовать требованиям табл.12 [77]. Притворы окон, балконных и входных дверей в квартиры необходимо уплотнить прокладками согласно ГОСТ 10174-90 [85]. Окна следует оборудовать регулируемые приточными вентиляционными устройствами.

#### **15.4.5. Крыша**

4.5.1. В соответствии с теплотехническими требованиями [77; 78; 30] в основном плоскую крышу над теплым чердаком здания следует выполнить слоистой с использованием эффективного утеплителя из негорючего материала, например, жесткой минераловатной плиты с базальтовым волокном и расчетным коэффициентом теплопроводности  $\lambda \leq 0,05$  Вт/(м·°С) толщиной согласно теплотехническому расчету.

4.5.2. Несущую плиту плоского покрытия следует выполнить из монолитного железобетона толщиной согласно статическому расчету с учетом нагрузки от аварийно-спасательной кабины пожарного вертолета (приложение 4, МГСН 3.01-01 [41]). Класс бетона несущей плиты должен быть не ниже В25.

4.5.3. Стяжку, укладываемую по утеплителю, необходимо выполнить из армированного бетона класса не ниже В20. По стяжке должен быть уложен гидроизоляционный ковер из современного рулонного материала. В местах, где крыша предусмотрена эксплуатируемой, на гидроизоляционный ковер следует настелить бетонную плитку на растворе или другое аналогичного типа покрытие из негорючих материалов.

#### **15.4.6. Защита конструкций**

4.6.1. Необходимо разработать перечень конструктивных мероприятий, обеспечивающих защиту основных железобетонных конструкций и всего здания в целом от прогрессирующего обрушения (использование статической неопределимости, соответствующее армирование, качество материалов и др.)

4.6.2. Для обеспечения необходимой долговечности металлические элементы конструкций должны быть защищены от коррозии:

– открытые участки – антикоррозионным покрытием согласно [9];

- стальная арматура – замоноличиванием высокомарочным бетоном необходимой толщины;
- гибкие металлические связи наружных стен – выполнением их из коррозионностойкой стали.

## 15.5. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 15.5.1. Общие требования

5.1.1. Системы и комплексы инженерного обеспечения 43-этажного жилого здания по ул. Давыдковской должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов по данной тематике, а также дополнительным требованиям, в том числе связанным с противопожарной безопасностью, обусловленным высотой здания. Требования к инженерному обеспечению, связанные с противопожарной безопасностью здания, приведены в соответствующем разделе ТУ.

5.1.2. Возможность подсоединения инженерных систем здания – тепло- и электроснабжения, водоснабжения и канализации, связи, телекоммуникации и др., к инженерной инфраструктуре муниципального округа «Фили-Давыдково» должна быть подтверждена в полном объеме в исходно-разрешительной документации.

### 15.5.2. Водопровод и канализация

5.2.1. Системы хозяйственно-питьевого (холодного и горячего) и противопожарного водоснабжения должны быть выполнены отдельными зонированными по вертикальным пожарным отсекам. Гидростатический напор в системах хозяйственно-питьевого водопровода необходимо принять в соответствии с действующими нормами [81]. Для гашения избыточного напора на подводках трубопроводов холодной и горячей воды к санитарным приборам квартир и помещений общественного назначения следует установить регуляторы давления. Не допускается прокладка кольцуемых перемычек систем водоснабжения в пределах квартир.

5.2.2. Повысительные насосные установки для зон водоснабжения следует разместить для нижних зон водоснабжения в подвальном техническом этаже высотной секции, а для верхних – в промежуточных технических этажах. При проектировании насосных установок необходимо предусмотреть технические мероприятия, обеспечивающие выполнение требований нормативных документов по допустимым уровням шума и вибрации в жилой и общественной частях здания. Предусмотреть возможность удаления дренажной воды при протечках или опорожнении системы.

5.2.3. Для помещений общественного назначения нижних этажей здания необходимо запроектировать самостоятельную сеть канализации с выпуском в дворовую сеть.

5.2.4. Присоединение стояков канализации и водосточков к горизонтальным трубопроводам следует выполнить плавно из трех отводов по 30°.

5.2.5. Водосток с крыши и территории, непосредственно примыкающей к зданию, необходимо осуществить в дворовую канализационную сеть.

5.2.6. Системы водоснабжения, канализации и водостоков должны быть запроектированы на максимально возможный срок эксплуатации, обеспечивая необходимую пропускную способность трубопроводов, требуемые напоры, температуру горячей воды, устойчивость против срыва гидравлических затворов санитарно-технических приборов, незасоряемость отводных канализационных и водосточных трубопроводов. Для улучшения эксплуатационных качеств систем водоснабжения, канализации и водостоков следует:

– определить величину расчетных расходов холодной и горячей воды и стоков согласно приложению 1 «Общих положений» [117] с учетом того, что процесс водоотведения принципиально отличается от процесса водопотребления;

– применить в системах водоснабжения трубы и соединительные детали, не меняющие гидравлические характеристики в процессе эксплуатации (не менее 50 лет при температуре транспортируемой среды до 20°C и не менее 25 лет при температуре воды до 75 °C).

### **15.5.3. Теплоснабжение систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования**

5.3.1. Теплоснабжение систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования, выполняемое отдельно для пожарных отсеков здания (далее – системы внутреннего теплоснабжения), должно осуществляться от тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения г.Москвы.

5.3.2. Присоединение систем внутреннего теплоснабжения к централизованным системам должно предусматривать обеспечение бесперебойной подачи тепла в количестве не менее требуемого расхода на отопление здания.

5.3.3. Присоединение систем внутреннего теплоснабжения к сетям источника теплоснабжения следует осуществить через тепловые пункты. В тепловых пунктах должны быть предусмотрены автоматическое регулирование работы оборудования и передача информации по параметрам теплоносителей на диспетчерский пункт. Для встроенных тепловых пунктов, расположенных в технических этажах здания, следует выполнить требования раздела 10 СП 41-101-95 [88] с учетом допустимых уровней шума и вибрации по МГСН 2.04-97 для жилища категории А [79]. Тепловой пункт, расположенный в подземном техническом этаже здания, необходимо запроектировать с учетом требований пп.2.15, 2.16, 2.18, 2.20, 2.21 (1-й абзац), 2.22, 2.24, 2.26 СП 41-101-95 [88].

5.3.4. Присоединение внутренних систем здания к тепловым сетям необходимо принять:

– для систем отопления и приточной вентиляции по независимой схеме через теплообменники с автоматическим регулированием температуры теплоносителя по графику;

– для системы горячего водоснабжения, в зависимости от  $Q_{ТВ}/Q_{СТ}$  (п. 11.7) [76], через теплообменники с использованием сетевой обратной воды от систем отопления, вентиляции и воздушно-тепловых завес и с автоматическим регулированием температуры горячей воды.

5.3.5. Для теплоснабжения внутренних систем необходимо предусмотреть две группы теплообменников:

первую – для отопления;

вторую – для систем вентиляции, воздушно-тепловых завес и горячего водоснабжения.

В первой группе должны быть установлены по два параллельно включенных теплообменника, рассчитывая поверхность каждого на 100% требуемого расхода тепла. При согласовании с Заказчиком возможно применение резервных теплообменников для систем вентиляции и горячего водоснабжения. Во вторичном контуре теплообменников систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения необходимо предусмотреть два циркуляционных насоса с регулируемой производительностью (один – рабочий, второй – резервный).

5.3.6. Водонагреватели следует использовать пластинчатые разъемные. У каждого водонагревателя необходимо установить регулирующий клапан. Расчетную температуру воды после водонагревателя по вторичному контуру следует принять на 5–10°С ниже температуры обратной воды в теплосети.

5.3.7. Фильтры тонкой очистки должны быть установлены на подающем трубопроводе теплосети, обратном трубопроводе системы отопления, циркуляционном трубопроводе горячей воды и на вводе холодного водопровода.

#### **15.5.4. Отопление**

5.4.1. Системы отопления должны быть запроектированы отдельными по пожарным отсекам для групп помещений различного назначения (жилых, общественных и др.). Гидростатическое давление системы отопления каждой зоны не должно превышать расчетное рабочее давление используемых отопительных приборов, трубопроводов и арматуры. При разработке системы отопления необходимо учесть требования [80].

5.4.2. При проектировании необходимо принять регулируемые системы отопления с установкой автоматических регуляторов прямого действия у каждого отопительного прибора. Систему отопления здания следует принять вертикальной двухтрубной с разводкой магистральных трубопроводов по техническим этажам и установкой приборов учета тепла на каждую систему. В узлах управления систем отопления должны быть установлены приборы, поддерживающие в процессе эксплуатации постоянный перепад давления между подающим и обратным трубопроводами.

5.4.3. Установку расширительных баков закрытого типа и другого оборудования необходимо предусмотреть в технических этажах здания.

5.4.4. Прокладку трубопроводов и установку отопительных приборов следует предусмотреть открытыми. Для компенсации удлинения труб в средней

части стояков двухтрубных систем отопления каждой зоны необходимо установить компенсаторы.

### **15.5.5. Вентиляция и кондиционирование**

5.5.1. Систему вентиляции здания необходимо запроектировать с учетом требований [80] отдельной для каждого пожарного отсека. Комбинированную систему вентиляции, т.е. с естественным побуждением в осенне-зимний период (при температуре наружного воздуха ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  и с механическим побуждением в теплый период года) необходимо применить в квартирах жилой части здания с открываемыми окнами, т.е. с 4 по 19 этажи. Для квартир, размещенных в верхней части здания с неоткрываемыми окнами с 21 по 34 и с 36 по 43 этажи, приточно-вытяжную вентиляцию следует принять с механическим побуждением. В общественной части здания необходимо предусмотреть приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением [113]. В соответствии с заданием, в жилой части здания следует запроектировать местную (раздельного типа) систему кондиционирования воздуха. При местной системе кондиционирования возможно применение фреона или подобных ему хладагентов. Не следует устанавливать оконные кондиционеры. Места установки наружных блоков кондиционеров раздельного типа (сплит-систем) необходимо предусмотреть с учетом требований п. 2.2.8 раздела «Архитектурно-планировочные решения» ТУ. В общественной части здания следует запроектировать центральную систему кондиционирования с устройством холодильной установки в подземном техническом этаже.

5.5.2. Воздуховоды любых систем вентиляции помещений общественного назначения запрещается прокладывать через квартиры. Прокладку вентиляционных каналов следует предусмотреть в шахтах лестнично-лифтовых блоков здания.

5.5.3. Подачу наружного воздуха следует осуществить через приточные устройства с ручной регулировкой, размещаемые в окнах каждой комнаты и кухни квартиры.

5.5.4. Воздухообмен квартиры должен быть выполнен в объеме одной из величин:

– не менее  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  наружного воздуха на одного человека в жилой части здания с открываемыми окнами;

– не менее  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  наружного воздуха в жилой части здания с неоткрываемыми окнами.

Кроме того, следует учесть рекомендации по нормам воздухообмена АВОК Стандарт-1-2002 [122].

5.5.5. Для удаления воздуха из помещений одного назначения (кухни, туалеты, ванны), расположенных на одной вертикали, необходимо принять системы вентиляции с устройством сборных вертикальных каналов с каналами-спутниками (воздушными затворами). В верхней части сборные каналы следует объединить в один канал, подсоединяемый к вентилятору или шахте. Следует рассмотреть вопрос о проектировании резервных вытяжных каналов для подключения местных отсосов от бытового кухонного оборудования в квартирах.

5.5.6. В приточно-вытяжных системах вентиляции необходимо предусмотреть мероприятия по шумоизоляции и вибрационной защите.

#### **15.5.6. Лифты**

5.6.1. Согласно расчету, при принятом интервале движения лифтов 80-100 сек в каждой секции здания должно быть по 4 лифта (например, фирмы «Тиссен-Крупп») грузоподъемностью 1000 кг; причем 3 из них со скоростью перемещения 2,5 м/сек следует предназначать для обслуживания жителей с 4-го по 19-й этажи и с 21-го по 34-й этажи, а один лифт со скоростью перемещения 3,5 м/сек – для обслуживания жителей с 36-го по 43-й этажи. Все лифты должны иметь режим для перевозки пожарных подразделений.

5.6.2. Ширина лифтового холла, а также требования к машинному отделению лифтов должны быть выполнены в соответствии с положениями МГСН 3.01-01 [41] и НПБ 250-97 [93].

5.6.3. Каждый лифт в целях пожарной безопасности должен быть расположен в отдельной шахте.

#### **15.5.7. Мусороудаление**

5.7.1. Мусоропроводы в здании следует размещать на поэтажных площадках и выполнять в соответствии со сводом правил по проектированию и строительству СП 31-108-2002 «Мусоропроводы жилых и общественных зданий и сооружений» [31]. Расстояние от двери квартиры до ближайшего загрузочного клапана мусоропровода не должно превышать 25 м. Мусоропроводы каждой секции здания должны иметь отдельные по высоте зоны обслуживания. В частности, при принятой двухствольной системе мусороудаления один из стволов следует предназначить для удаления мусора из квартир с 4-го по 19-й этажи, а другой – из квартир с 21-го по 34-й и с 36-го по 43-й этажи.

5.7.2. При проектировании следует учитывать в комплекте оборудования мусоропровода ствол, загрузочные клапаны с запорным устройством, шиббер с автоматическим дымоотсекателем ствола или отдельный противопожарный клапан, устройство для промывки, очистки и дезинфекции ствола, вентиляционный узел и мусоросборную камеру с соответствующим оборудованием. При этом площадь мусоросборной камеры должна быть рассчитана с учетом размещения в ней рабочего и сменного контейнеров, а также доступа к ним и оборудованию камеры.

5.7.3. Ствол мусоропровода следует выполнить дымо-, газо- и водо-непроницаемым из труб, как правило, с условным проходом 400 мм, изготовленных из материалов, соответствующих противопожарным и санитарным требованиям. Для снижения гравитационных скоростей падения отходов необходимо на технических этажах предусмотреть гасители, устройство которых не должно препятствовать сбросу отходов и работе прочистного устройства. Устройство прочистки, промывки и дезинфекции ствола мусоропровода следует выполнить с рабочей высотой спуска – подъема узла прочистки, равной высоте мусоропровода здания. Во избежание опрокидывания вентиляционной тяги в здании, а также снижения скорости

воздушного потока следует предусмотреть параллельно со стволом мусоропровода соединенный со стволом вентиляционный стояк с принудительной вытяжкой, выполненный из трубы диаметром не менее 150 мм. С целью огнезащиты и звукоизоляции оба ствола и вентиляционного канала необходимо защитить огне- и шумозащитной облицовкой.

5.7.4. Шиберы мусоропровода здания должны быть выполнены упрочненной конструкции, выдерживающей без деформации расчетную ударную нагрузку.

### **15.5.8. Электроснабжение**

По степени надежности электроснабжения электроприемники здания следует отнести к 1 и 2 категориям [97; 90]. К электроприемникам 1 категории надежности электроснабжения должны быть отнесены противопожарные системы, пожарная и охранная сигнализация, лифты, эвакуационное и аварийное освещение, оповещение людей о пожаре, огни светового ограждения, встроенные тепловые пункты, кабельное телевидение, охрана входов, освещение вертолетной площадки, АСУД<sup>\*)</sup>, ИАСУЭ<sup>\*\*)</sup>, а также другие электроприемники, требующие 1 категорию [97;90].

### **15.5.9. Электрооборудование и электроосвещение**

5.9.1. При проектировании электрооборудования здания следует руководствоваться ПУЭ изд.6 и 7 [97], ВСН 59-88 [90], МГСН 3.01-01 [41] и РД 34.20.185-94 [114], а также приведенными ниже требованиями.

5.9.2. Для каждого пожарного отсека необходимо предусмотреть электрощитовые помещения, располагаемые в технических этажах, кроме верхнего.

5.9.3. Помимо рабочего, аварийного и дежурного освещения в здании необходимо выполнить систему эвакуационного освещения со световыми указателями, расположенными на пути эвакуации людей, а также установить над крышей огни светового ограждения согласно ВСН 59-88 [90]. Эти световые

---

<sup>\*)</sup> АСУД – автоматизированная система управления диспетчеризацией.

<sup>\*\*)</sup> ИАСУЭ – измерительная интегральная автоматизированная система управления энергосбережением.

Остальные электроприемники – 2 категории.

Питание электроприемников 1 категории надежности должно быть выполнено от двух независимых источников питания с устройством автоматического включения резерва (АВР). Для 43-этажного здания высотой 136,8 м должен быть предусмотрен третий, резервный источник электроснабжения – от дизельной электростанции со складом топлива вне габаритов жилого дома [117] (см. п.7.12.1 раздела «Противопожарные мероприятия» ТУ). указатели подсоединяются к сети АВР, а при исчезновении питания должны работать в автономном режиме в течение 3-х часов. Число горизонтальных питающих линий (магистралей) следует выполнить минимальным. Нагрузка каждой линии, отходящей от ВРУ, не должна превышать 250 А [97].

5.9.4. Молниезащиту здания следует выполнить по III категории, предусмотренной РД 34.21.122-87\*<sup>1)</sup> [104].

5.9.5. Согласно постановлению Правительства Москвы от 27.04.99 г. № 379 здание должно быть оснащено охранно-защитной дератизационной системой для борьбы с грызунами, выполняемой в соответствии с инструкцией РМ-2776 [121].

#### **15.5.10. Связь и автоматизированные информационно-управляющие системы**

5.10.1. При разработке систем связи и автоматизированных информационно-управляющих систем следует руководствоваться соответствующими нормативными документами: [74], ВСН 60-89 [91], РМ-2798-00 [103], а также рекомендациями и руководящими материалами по проектированию систем охранной сигнализации, охранного телевидения и домофонов: Р 78.36.008-99 [99], Р 78.36.007-99 [100], Р 78.36.001-99 [102], Р 78.143-92\* [101].

При этом более высокий уровень оснащения сетями связи, сигнализации и другими должен быть предусмотрен в задании на проектирование.

5.10.2. На каждом этаже жилой и общественной части здания следует предусмотреть место для размещения коммутационных шкафов. Коммутационный шкаф должен быть оборудован охранной сигнализацией.

5.10.3. Городская телефонная сеть и сеть городской радиотрансляции здания должны быть выполнены в соответствии со своими техническими условиями в установленном порядке.

5.10.4. Проект подключения здания к городской сети кабельного телевидения следует выполнить в соответствии со своими техническими условиями.

5.10.5. Систему домофонной связи и ее тип (аудио-видеодомофон) следует принять в соответствии с заданием на проектирование. Система должна быть запроектирована согласно Р 78.36.008-99 [101]. Устанавливаемая система должна обеспечивать связь вызывной панели, устанавливаемой на входе у подъезда, с постом охраны и с квартирами, а также с диспетчером.

---

<sup>1)</sup> Здесь и далее. Приказом Минэнерго РФ от 30.06.2003 № 280 утверждена «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций». – Примечание "КОДЕКС".

\* Здесь и далее. Действует РД 78.36.003-2002. – Примечание "КОДЕКС".

В здании должны быть предусмотрены:

- телефонная связь;
- сеть городской радиотрансляции (проводного вещания);
- сеть кабельного телевидения;
- система охраны входов (аудио-видеодомофон, и т.д.).

#### **15.5.11. Системы автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования**

5.11.1. Систему автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования необходимо выполнить единой для всего здания. Управление

этой системой должно осуществляться из помещения диспетчерской. Систему следует строить по модульному принципу и иметь возможность гибкого ее дополнения для обработки сигналов разных типов без перестроения всей системы. Необходимо иметь также возможность подключения новых зон, областей контроля или управления в систему диспетчеризации с выходом на пульт диспетчера. Следует обеспечить высокую надежность системы и строить ее на базе децентрализованной локальной сети по пожарным отсекам, при этом осуществлять обмен информации через витую пару между контроллерами, управляющими оборудованием, а также оборудованием сбора информации и центральным пультом управления диспетчера. Следует иметь резерв в сети для подключения дополнительных контроллеров с целью управления и контроля инженерных систем, реализованных на оборудовании одного стандарта.

5.11.2. К системам и комплексам, подлежащим автоматизации, необходимо отнести следующие:

- тепловые пункты;
- приточную вентиляцию и кондиционирование воздуха;
- воздушные и воздушно-тепловые завесы;
- вытяжную вентиляцию;
- дренажные и канализационные приямки;
- дымоудаление и подпор воздуха;
- электроснабжение и освещение;
- мониторинг лифтов;
- диспетчеризацию;
- холодильную установку;
- противопожарную защиту.

5.11.3. Система автоматизации противодымной защиты должна быть выполнена на основе требований МГСН 3.01-01 [41] с учетом особенностей согласно подразделу 7.7. раздела «Противопожарные мероприятия» ТУ.

5.11.4. Оборудование, подключаемое к ИАСУЭ, должно иметь соответствующие сертификаты. Для учета тепловой и электрической энергии, а также водопотребления необходимо применить соответствующие приборы. В здании следует установить аппаратуру приема, архивирования и распечатки информации для потребителей энергии.

5.11.5. Диспетчеризацию необходимо выполнить в объеме, предусмотренном в задании, с учетом требований ВСН 60-89 [91] и «Временных указаний» [118]. Приемное оборудование системы диспетчеризации следует расположить в специальном помещении на первом этаже. Необходимый объем диспетчеризации приведен в табл. 5.1.

Таблица 15.1

Сигналы системы диспетчеризации в 43-этажном здании

№ пп.	Инженерные объекты	Характеристика сигнала	Характер сигнала
-------	--------------------	------------------------	------------------

1.	Тепловой ввод	Отклонение температуры горячей воды за регулятором температуры от заданных пределов, падение давления в обратной линии отопления ниже давления статики дома, затопление дренажного приямка	Объединенный аварийный сигнал
2.	Вводно-распределительное устройство	Исчезновение напряжения на электропроводах вводно-распределительного устройства	Объединенный аварийный сигнал
3.	Лестничные площадки	Управление рабочим и аварийным освещением по программе. Контроль напряжения групп освещения	Команды управления, сигнал несоответствия состояния освещения команде пульта
4.	Чердачные помещения, машинные отделения лифтов	Контроль открытия дверей (люков) посторонними лицами	Объединенный сигнал от всех датчиков контроля открытия дверей (люков) технических помещений
5.	Лифты	Вызов диспетчера пассажиром лифта. Двусторонняя громкоговорящая связь. Общий сигнал неисправности лифта	Индивидуальный вызывной сигнал. Индивидуальный сигнал от каждого лифта
6.	Пост громкоговорящей связи в подъезде (ГГС)	Вызов диспетчера жильцом из подъезда. Двусторонняя громкоговорящая связь жильца с диспетчером	Индивидуальный вызывной сигнал
7.	Контрольные канализационные колодцы	Затопление контрольных канализационных колодцев	Объединенный аварийный сигнал от всех контрольных канализационных колодцев
8.	Помещения общественного назначения	1. Сигнал "Пожар" от приборов пожарной сигнализации в арендуемых помещениях. 2. Сигнал "Включено" от спринклерной системы пожаротушения	Объединенный посекционно-аварийный сигнал
9.	Система дымоудаления жилой части	Сигнал "Пожар" и срабатывания системы	Объединенный аварийный сигнал с указанием места возникновения пожара
10.	Спринклерная система пожаротушения	Сигнал "Пожар" и срабатывания системы	Объединенный аварийный сигнал с указанием места возникновения пожара
11.	Хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод	Сигнал "Пожар" и срабатывания системы	Объединенный аварийный сигнал

## 15.6. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

6.1. При разработке проекта 43-этажного здания должны быть учтены санитарно-гигиенические требования СНиП 2.08.01-89\* [74], МГСН 2.04-97 [76] (для жилища категории А), МГСН 3.01-01 [41] (для жилища I категории),

положения действующих санитарных норм и правил, а также нижеприведенные дополнительные требования, связанные с особенностями жилых высотных зданий.

6.2. Должны быть учтены специфические условия, влияющие на самочувствие и здоровье людей в высотном здании – повышенный аэродинамический и шумовой режимы, высотобоязнь, значительные колебания перекрытий верхних этажей здания и другие.

6.3. При проектировании инженерных систем необходимо исключить возможное возникновение сверхнормативных шумов при их работе, в том числе обусловленных повышенным статическим давлением в инженерных коммуникациях.

6.4. Для предотвращения возможного перетока загрязненного наружного и внутреннего воздуха с нижних этажей в верхние и ухудшения показателей среды квартир следует обеспечить необходимый уровень герметизации устройств, а также установку плотно примыкающих дверей при входе в каждую квартиру.

## 15.7. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

### 15.7.1. Общие требования

7.1.1. Противопожарные мероприятия, разрабатываемые в проекте 43-этажного жилого здания по ул. Давыдковской, должны соответствовать приведенным ниже требованиям по противопожарной защите жилых высотных зданий и учитывать требования действующих нормативных документов по пожарной безопасности.

7.1.2. В основу разработки противопожарных мероприятий для указанного высотного здания должна быть положена концепция по нераспространению возможного пожара из одной квартиры в другую, во внеквартирные коридоры и холлы, а также защита здания от прогрессирующего обрушения, что достигается увеличением предела огнестойкости основных несущих и ограждающих конструкций высотного здания, по сравнению с требованиями [16], и приведенными ниже особенностями его объемно-планировочных решений.

7.1.3. Разрабатываемые мероприятия должны обеспечить уровень безопасности людей при пожаре в соответствии ГОСТ 12.1.004-91 [86].

### 15.7.2. Планировка территории

7.2.1. С целью безопасности высотного здания от внешних источников возгорания противопожарные разрывы до существующих зданий и сооружений должны быть не менее требуемых прил.1 [11].

7.2.2. Для обеспечения подъезда пожарных машин к зданию вокруг него должен быть устроен круговой проезд (включающий ул. Давыдковскую) с твердым покрытием шириной 6 м на расстоянии 8–10 м от наружных стен. Доступ пожарных (со специальных автолестниц, автоподъемников и пр.) должен быть обеспечен в каждую квартиру здания, расположенную на высоте не более 50 м от проезда. В связи с этим остекление балконов и лоджий на указанную высоту необходимо выполнить с распашными рамами из алю-

миниальных конструкций. В зоне между зданием и проездом не должно быть предусмотрено устройство каких-либо сооружений, площадок для парковки автомашин и пр., препятствующих установке специального пожарного оборудования – автонасосов, автолестниц и коленчатых подъемников.

7.2.3. Конструкцию дорожного полотна пожарного проезда необходимо запроектировать на расчетную нагрузку от автомашины или автоподъемника не менее 16 т на ось.

7.2.4. Для обеспечения наружного пожаротушения здания должно быть предусмотрено не менее 3-х пожарных гидрантов на участке городской водопроводной сети в диапазоне 150 м, рассчитанных на забор воды специальными насосами в объеме 100 л/с. Места установки гидрантов должны быть обозначены световыми указателями на фасаде, присоединенными к сети наружного освещения здания.

7.2.5. На прилегающей к зданию территории, на расстоянии не далее 500 м, должна быть предусмотрена площадка для посадки пожарного вертолета.

7.2.6. Расстояние от здания, высота которого превышает 125 м, до ближайшего пожарного депо не должно быть более 1 км [117]. При невыполнимости этого требования в составе проектируемого комплекса необходимо предусмотреть размещение пожарного депо или пожарного поста, оснащенного специальной техникой по согласованию с органами управления противопожарной защиты.

### **15.7.3. Конструктивные решения**

7.3.1. Проектируемое жилое здание высотой 136,8 м (43 этажа), относящееся к конструктивной системе «железобетонный каркас с диафрагмами жесткости», следует отнести к особой степени огнестойкости, согласно МГСН 4.04-94 [43]. Долговечность каркаса и других основных несущих конструкций здания должна соответствовать расчетному сроку службы здания или продолжительности эксплуатации до капитального ремонта. Класс конструктивной пожарной опасности здания С0; при этом, в случае необходимости, продолжительность испытания для определения класса пожарной опасности его конструкций должна составлять не менее 30 мин.

7.3.2. Пределы огнестойкости несущих и ограждающих конструкций здания должны быть не менее:

- основного несущего каркаса..... - R 180;
- несущих стен, в т.ч. пилонов (простенков) наружных стен..... - REI 180;
- шахт лифтов..... - REI 180;
- стен лестничных клеток..... - REI 180;
- ненесущих элементов наружных стен..... - REI 60;
- междуэтажных перекрытий..... - REI 90;
- покрытия эксплуатируемого..... - REI 120;
- покрытия неэксплуатируемого..... - REI 60;
- маршей и площадок лестниц..... - R 90;
- коммуникационных шахт, пересекающих границы пожарного

отсека.....	- REI 180;
– коммуникационных шахт, не пересекающих границы пожарного отсека.....	- REI 90;
– шахт дымоудаления.....	- REI 180;
– межквартирных перегородок.....	- EI 60

7.3.3. Сечения основных железобетонных конструкций здания в зависимости от их предела огнестойкости следует определить при проектировании с учетом их работы в конструктивной схеме здания, классов бетона, применяемой арматуры, толщины защитного слоя бетона до оси арматуры в соответствии с рекомендациями «Пособия» (табл.2,4,6,8) [96]. Для расчета несущих конструкций здания на устойчивость при пожаре (при одностороннем обрушении и пр.), при необходимости, следует привлечь специалистов ВНИИПО МЧС России.

7.3.4. Теплоизоляцию наружных стен следует предусмотреть из негорючих (НГ) материалов. Оконные блоки и блоки остекления балконов и лоджий должны быть выполнены из негорючих (НГ) или слабогорючих (Г1) материалов. Конструкции наружных стен необходимо выполнить таким образом, чтобы они не обрушались полностью или частично в течение времени, соответствующего их пределу огнестойкости, т.е. 60 мин.

7.3.5. Отделка потолков и стен, а также покрытия полов на путях эвакуации, в лифтовых холлах, вестибюлях и технических этажах должны быть выполнены из негорючих (НГ) материалов. Отделка потолков и стен, а также покрытия полов в помещениях общественного назначения должны быть выполнены из материалов группы горючести не ниже Г1. На технических этажах, тепло- и звукоизоляционную облицовку помещений, коммуникаций и оборудования необходимо выполнить из негорючих (НГ) материалов.

7.3.6. Устройство ковровых покрытий полов коридоров и залов помещений общественного назначения не допускается. Возможно ковровое покрытие в отдельных кабинетах указанных помещений, выполненное из натуральных материалов с низкой дымообразующей способностью и малоопасных по токсичности. Ковровые покрытия должны быть наклеены на негорючее (НГ) основание.

7.3.7. Звукоизоляцию технических помещений, а также теплоизоляцию оборудования и коммуникаций необходимо предусмотреть из негорючих (НГ) материалов.

7.3.8. Трубопроводы инженерных систем (канализации, водостока, отопления, холодной и горячей воды, мусоропровода) должны быть выполнены из негорючих (НГ) материалов. Трубопроводы отопления и водоснабжения в пределах квартиры (кроме стояков) допускается выполнить из горючих материалов групп Г1 и Г2. Возможность использования трубопроводов системы канализации из горючих материалов групп Г1 и Г2 должна быть подтверждена испытаниями, методику и результаты которых требуется согласовать с органами управления противопожарной защиты.

7.3.9. Покрытия здания должны быть предусмотрены эксплуатируемыми с защитой кровли негорючими (НГ) материалами и устройством по периметру ограждения высотой 1,5 м [16].

#### **15.7.4. Объемно-планировочные решения**

7.4.1. Жилое здание высотой 136,8 м в центральной части (43 этажа) и 107,7 м (34 этажа) по боковым блокам, выполненное 2-секционным, следует разделить по высоте на 5 пожарных отсеков, каждый из которых не должен превышать 50 м (16 этажей).

В 1-й пожарный отсек следует включить технический этаж в подземной части здания на отм. - 3.30.

Во 2-й пожарный отсек – нежилые помещения общественного назначения с 1 по 3 этажи, которые отделены от 3-го пожарного отсека на отм. +10.80 глухим противопожарным перекрытием с пределом огнестойкости REI 180.

В 3-й пожарный отсек следует включить жилые помещения с 4-го по 19-й этажи и 20-й технический этаж на отм. +62.00. Пределы огнестойкости перекрытий, выделяющих технический этаж, должны быть не менее REI 90.

В 4-й пожарный отсек включить жилые помещения с 21-го по 34-й этажи и 35-й технический этаж на отм. +110.00.

В 5-й пожарный отсек следует отнести жилые помещения с 36-го по 43-й этажи, расположенные в центральной части здания (в осях 11-16), и 44-й технический этаж.

Таким образом, каждый пожарный отсек жилой части здания должен быть отделен от другого техническим этажом (с перекрытиями REI 90), а с нежилым пожарным отсеком – противопожарным перекрытием REI 180. На границе пожарных отсеков в уровне перекрытия необходимо предусмотреть карнизы по контуру здания, выступающие за пределы фасада на 0,75 м.

7.4.2. Каждый пожарный отсек должен быть выполнен с самостоятельными инженерными коммуникациями (отоплением, противопожарным и общим водопроводом, противодымной и общеобменной вентиляцией, эвакуационным освещением, противопожарной автоматикой).

7.4.3. Встроенные и встроенно-пристроенные нежилые помещения здания в подземном и надземных этажах, включая технические и вспомогательные помещения, предназначенные для обслуживания жилой части (помещения технических и эксплуатационных служб), должны быть отделены от жилой части глухими противопожарными стенами и перекрытиями с REI 180 и обособленными эвакуационными выходами.

7.4.4. Во встроенных нежилых помещениях 1–3 этажей размещение бань-саун не допускается.

#### **15.7.5. Объемно-планировочные решения, связанные с эвакуацией людей при пожаре**

7.5.1. В каждой секции здания, наибольшая высота которых составляет 136,8 м, для эвакуации жителей с этажей должно быть предусмотрено не менее двух незадымляемых лестничных клеток типа Н1 с шириной маршей и площадок не менее 1,2 м для беспрепятственного проноса носилок с лежащим на них человеком [16]. Выход с лестницы Н1 на первом этаже – непосредственно наружу из здания.

7.5.2. Для эвакуации людей с первых 3-х этажей общественной части здания должны быть предусмотрены самостоятельные лестничные клетки типа Л1 без устройства в них подпора воздуха.

7.5.3. Все лестничные клетки надземной части здания должны иметь естественное освещение через окна в наружных стенах.

7.5.4. Расстояние от дверей квартир до ближайшего эвакуационного выхода, т.е. тамбура при выходе на переходную лоджию лестничной клетки типа Н1, не должно превышать 12 м.

7.5.5. Поскольку разница в отметках покрытия центрального и боковых блоков составляет около 30 м, необходимо на крыше каждого блока запроектировать площадку для аварийно-спасательной кабины пожарного вертолета со специальным освещением, которая должна соответствовать требованиям МГСН 3.01-01 [41]. Управление эвакуационным (светоуказателями) и опознавательным освещением следует осуществлять вручную (выключателем у дверей выхода на крышу) и дистанционно (из помещения диспетчерской).

7.5.6. В каждой лестничной клетке типа Н1 должен быть организован выход на крышу, к площадке аварийно-спасательной кабины, по лестничным маршам через противопожарную дверь 2-го типа (ЕІ 30). Эта дверь должна быть снабжена кодовым замком, открываемым при срабатывании системы противопожарной защиты.

7.5.7. Двери квартир, ведущие в коридор, должны быть выполнены противопожарными 1-го типа (ЕІ 60). Двери входных тамбуров лестниц Н1, лифтовых холлов, помещений мусоропроводов следует выполнить противопожарными 2-го типа (ЕІ 30). Двери в пожароопасных и технических помещениях, шахт лифтов, в коммуникационных шахтах и нишах необходимо выполнить противопожарными 1-го типа (ЕІ 60). Двери шахт лифтов и в лифтовые холлы следует выполнить дымогазонепроницаемыми.

7.5.8. Ширину эвакуационных коридоров в свету необходимо предусмотреть не менее 1,4 м с учетом открывания дверей из помещений.

7.5.9. Открывание всех дверей на путях эвакуации следует предусмотреть по направлению выхода из здания. Высота эвакуационных дверей в свету должна быть не менее 2 м.

#### **15.7.6. Противопожарные преграды**

7.6.1. Предел огнестойкости противопожарных преград должен быть не менее:

- перекрытий и стен, разделяющих пожарные отсеки..... - REI 180;
- межсекционных стен..... - REI 150;

– перегородок, выделяющих коридоры, лифтовые холлы и тамбур-шлюзы 1-го типа..... - EI 90.

7.6.2. Проемы в противопожарных стенах, противопожарных перекрытиях 1-го типа и противопожарных перегородках должны быть защищены противопожарными воротами, дверями, клапанами 1-го типа (EI 60).

#### **15.7.7. Противодымная защита**

7.7.1. В противодымную защиту жилой части здания должны быть включены:

- системы дымоудаления из поэтажных коридоров;
- системы подпора воздуха в тамбур-шлюзы, в подвалы перед лифтами и лестничными клетками;
- системы подпора воздуха в шахты лифтов.

В коридорах помещений общественного назначения дымоудаление должно соответствовать требованиям [80].

7.7.2. Вентиляторы противодымной защиты необходимо установить в отдельных вентиляционных камерах, имеющих ограждение с пределом огнестойкости не менее REI 90.

7.7.3. Выброс дыма в атмосферу должен осуществляться факельным способом через шахты дымоудаления высотой не менее 2 м от уровня кровли.

7.7.4. Дымоудаление из всех помещений здания должно осуществляться вентиляторами с пределом огнестойкости 2 ч/400 °С.

7.7.5. Количество дымоприемников и расход дыма, подлежащего удалению при пожаре, следует рассчитать по методике ВНИИПО МЧС России.

7.7.6. В местах пересечения противопожарных стен и перекрытий венткоробами необходимо предусмотреть установку противопожарных клапанов с пределом огнестойкости EI 90. Информация о положении клапанов должна выводиться на пульт в диспетчерскую.

#### **15.7.8. Внутренний противопожарный водопровод**

7.8.1. Жилые этажи должны быть оборудованы внутренним противопожарным водопроводом, обеспечивающим в течение расчетного времени тушения пожара расход воды не менее чем в 4 струи по 2,5 л/с каждая. При этом каждая точка помещений и эксплуатируемой кровли должна быть обеспечена подачей двух струй воды от разных пожарных стояков. Нежилые помещения должны быть оборудованы внутренним противопожарным водопроводом в соответствии с действующими нормами. Внутренний пожарный водопровод для каждого пожарного отсека должен быть выполнен с кольцеванием сетей. Продолжительность работы внутреннего пожарного водопровода должна быть обеспечена в течение 3 часов.

7.8.2. Пожарные краны должны быть снабжены 20-метровыми рукавами (на шарнирном барабане) и стволом и размещены в пожарных шкафах стандартного образца. Размещение пожарных кранов должно быть предусмотрено в легкодоступных местах – коридорах и лифтовых холлах.

7.8.3. По переходным лоджиям при незадымляемых лестничных клетках Н1 должны быть предусмотрены сухотрубы диаметром 80 мм со спаренными

пожарными кранами на каждом этаже, оборудованные в уровне 1-го этажа патрубками для подключения насосов высокого давления пожарных автомобилей.

7.8.4. От каждой зоны противопожарного водопровода, включая систему автоматического пожаротушения надземной части здания, должны быть выведены на 1-м этаже наружу здания патрубки с соединительными головками диаметром 80 мм и с установкой в здании обратного клапана и задвижки, управляемой снаружи. Места размещения патрубков необходимо обозначить светоуказателями и пиктограммами и расположить в месте, удобном для подъезда пожарных автонасосов.

7.8.5. В прихожих, ванных или туалетных комнатах квартир здания должны быть предусмотрены поливочные краны для тушения пожара со шлангами, длина которых обеспечивает подачу воды в наиболее удаленную точку квартиры.

#### **15.7.9. Автоматическая пожарная сигнализация**

7.9.1. В соответствии с [74] в помещениях квартир (прихожих, жилых комнатах, кухнях) и поэтажных коридорах, включая лифтовые холлы, а также в машинных отделениях лифтов, колясочных, помещениях охраны и пр. должна быть предусмотрена на потолках защищаемых помещений установка автоматических дымовых и тепловых пожарных извещателей.

7.9.2. Количество пожарных извещателей, включаемых в один шлейф, следует определить согласно техническим характеристикам станции пожарной сигнализации.

7.9.3. Площадь, защищаемую одним пожарным извещателем, следует определить согласно данным завода-изготовителя.

7.9.4. Ручные пожарные извещатели должны быть установлены в общественной части здания, перед входом в лестничные клетки на высоте 1,5 м от уровня пола. Сигнал от пожарных извещателей следует выводить в помещение диспетчерской.

7.9.5. Пожарные извещатели, устанавливаемые в помещениях каждой квартиры, должны быть подключены к поэтажному лучу автоматической пожарной сигнализации через промежуточное приемно-контрольное устройство. Промежуточное приемно-контрольное устройство должно выдавать звуковой сигнал "Пожар" непосредственно в квартиру, и его необходимо установить при входе каждой квартиры.

#### **15.7.10. Автоматическая система пожаротушения**

7.10.1. Все встроенные и встроенно-пристроенные нежилые помещения, расположенные в здании (вспомогательные, технические и общественные помещения, мусорокамеры, ствол мусоропровода и др.), должны быть оборудованы спринклерными оросителями, подключенными к стоякам внутреннего противопожарного водопровода через реле потока.

7.10.2. Над входными дверями квартир снаружи должна быть предусмотрена установка спринклерных оросителей, подключенных к стоякам внутреннего противопожарного водопровода через реле потока.

#### **15.7.11. Система оповещения людей о пожаре**

Жилая часть здания должна быть оборудована системой оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей не ниже 3 типа по НПБ 104-95\* [56].

#### **15.7.12. Инженерные сети**

7.12.1. Электроснабжение систем противопожарной защиты должно быть выполнено по 1 категории надежности от самостоятельных электрощитов (отдельных панелей) ВРУ, имеющих отличительную окраску, по двум самостоятельным трассам (направлениям) с доведением до распределительных устройств каждого пожарного отсека. Третий резервный источник электроснабжения должен быть предусмотрен от дизельной электростанции. Склад топлива электростанции следует запроектировать вне габаритов здания. Дизельная электростанция может быть встроенной и размещаться в подземном этаже здания при выполнении требований, изложенных в [2], и устройстве автоматического пожаротушения и дымоудаления. Мощность резервной электростанции и запас топлива следует рассчитать на работу в течение 3 ч всех систем противопожарной защиты, всех лифтов, охранной системы, компьютерной сети, системы водоснабжения и энергопотребителей, обеспечивающих теплоснабжение (нагрузки тепловых пунктов). Дизельную электростанцию следует обслуживать специализированной организацией по утвержденному регламенту.

7.12.2. Силовые и слаботочные проводки вне квартир, в пределах и за пределами пожарного отсека, необходимо проложить в металлических трубах или коробах (шахтах, каналах) с ограждающими конструкциями, имеющими предел огнестойкости согласно п.7.3.2. Двери электротехнических шахт и ниш должны быть запроектированы противопожарными с пределом огнестойкости согласно п. 7.3.2.

7.12.3. Кабели, прокладываемые в электротехнических шахтах и нишах, необходимо выполнить по классу пожарной опасности, не ниже предусмотренного п.3.6 НПБ 248-97 [92], или указанные шахты (ниши) следует оборудовать автоматическим пожаротушением без использования воды (во избежание короткого замыкания).

7.12.4. В местах пересечения противопожарных преград группами кабелей должны быть предусмотрены огнестойкие кабельные проходки.

7.12.5. Внутридомовые и внутриквартирные электрические сети должны быть оборудованы устройствами защитного отключения (УЗО) согласно ПУЭ [97].

7.12.6. Противопожарная защита вентиляционных установок в здании должна соответствовать действующим нормативным требованиям, в том числе МГСН 4.04-94 [43] и [80], а также приведенным ниже дополнительным требованиям.

---

\* Здесь и далее. Действуют НПБ 104-03. – Примечание «КОДЕКС».

7.12.7. Воздуховоды общеобменной вентиляции в пределах каждого пожарного отсека должны быть проложены в соответствии с требованиями [80] с разделением вертикальных шахт в уровне междуэтажных перекрытий

негорючими рассечками с пределами огнестойкости, равнозначными пределу огнестойкости перекрытий.

7.12.7.\* В местах подсоединения поэтажных воздуховодов к сборному коллектору необходимо предусмотреть автоматические огнезадерживающие клапаны или воздушные затворы с длиной вертикального участка под потолком вышележащего этажа, подсоединяемого к коллектору воздуховода, не менее 2м

7.12.8. Места прохода транзитных воздуховодов через стены, перегородки, перекрытия здания, а также через шахты должны быть уплотнены негорючими (НГ) материалами с гарантированным обеспечением требуемого предела огнестойкости.

7.12.9. Системы общеобменной вентиляции с механическим побуждением в жилой и общественной частях здания должны автоматически отключаться при пожаре, в случае поступления на пульт противопожарной автоматики сигнала «Пожар».

#### **15.7.13. Лифты и фасадные подъемные устройства**

7.13.1. Все лифты здания должны иметь режим для подъема пожарных подразделений и соответствовать требованиям НПБ 250-97 [93]. Лифты не должны сообщаться с общественной частью здания (2-й пожарный отсек).

7.13.2. Для обеспечения доступа пожарных в любую квартиру здания следует предусмотреть на фасадах здания подъемные устройства, прошедшие специальное испытание, с возможностью использования этих устройств для ремонта и очистки фасадов, в т.ч. мытья остекления.

#### **15.7.14. Организационно-технические мероприятия**

7.14.1. На технических этажах здания и в помещениях охраны, расположенных в вестибюлях жилой части, должны быть предусмотрены переговорные устройства, а также размещен комплект противопожарного оборудования (пожарные рукава, стволы, огнетушители, фонари, приборы и маски для защиты органов дыхания).

7.14.2. Квартиры в пределах 4 и 5 пожарных отсеков здания (с 21 по 34 и с 36 по 43 этажи) должны быть оснащены пожарными огнетушителями и самоспасателями.

7.14.3. Пожарное депо, обслуживающее здание, должно быть оборудовано техникой и необходимыми средствами по согласованию с УГПС ГУВД г. Москвы. Для определения необходимой техники и средств пожаротушения следует разработать для высотного здания оперативный план пожаротушения, отражающий прогнозируемый сценарий пожара.

7.14.4. Должна быть предусмотрена служба эксплуатации систем противопожарной защиты здания.

---

\*Нумерация соответствует оригиналу – Примечание «КОДЕКС».

	<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1.</b>	<b>ОБЩАЯ ЧАСТЬ</b> .....	4
1.1	ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ВЫСОТЫ ЗДАНИЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ ФАКТОРА ОТНОШЕНИЯ ЕГО К ВЫСОТНЫМ ЗДАНИЯМ.....	4
1.2	ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	7
<b>2.</b>	<b>НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ</b> .....	12
2.1	СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ.....	13
2.2	ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ.....	15
2.2.1	Демпфирующие конструктивные системы в остове высотных зданий.....	19
2.3	СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ.....	22
<b>3.</b>	<b>КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕСУЩИХ ОСТОВОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ</b> .....	27
3.1	ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	27
3.2	КОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ И ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	33
3.3	КОНСТРУКЦИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	36
3.3.1	Расчет и проектирование конструктивных систем остова высотных зданий.....	43
3.3.2	Расчет и проектирование конструкций остова высотных зданий на прогрессирующее обрушение.....	46
3.4	СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	60
3.4.1	Железобетонные конструкции колонн каркаса и стен с жесткой арматурой.....	61
3.4.2	Конструкции комбинированных колонн со стальными обоймами.....	64
3.4.3	Железобетонные балки каркаса с жесткой арматурой.....	65
3.4.4	Железобетонные стены-диафрагмы с жесткой арматурой.....	66
3.5	УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЙ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТ- РУКЦИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭЛЕ- МЕНТОВ КАРКАСА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	66
3.6	ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	76
<b>4.</b>	<b>НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ</b> .....	77
<b>5.</b>	<b>ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ</b> .....	83
<b>6.</b>	<b>ПРОТИВОПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</b> .....	89

6.1	<b>ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	89
6.1.1	<b>Противопожарные требования к объемно-планировочным решениям высотных зданий.....</b>	90
6.1.2	<b>Противопожарные требования к строительным и отделочным материалам высотных зданий.....</b>	94
6.1.3	<b>Вентиляционные системы и противодымная защита высотных зданий.....</b>	97
6.1.4	<b>Автоматическая пожарная сигнализация.....</b>	98
6.1.5	<b>Противопожарный водопровод и автоматические установки пожаротушения.....</b>	98
6.1.6	<b>Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).....</b>	99
6.1.7	<b>Принципы обеспечения спасательных работ и пожаротушения высотных зданий.....</b>	100
6.2	<b>ПРОЕЗДЫ И ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ.....</b>	101
6.3	<b>ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ КАБИН И ВЕРТОЛЕТОВ</b>	102
<b>7.</b>	<b>ЛИФТЫ И ЛИФТОВЫЕ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	105
7.1	<b>СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	110
7.2	<b>СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛИФТОВЫХ КАБИН В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ. МНОГОКАБИННЫЕ РЕШЕНИЯ.....</b>	113
7.3	<b>СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИФТАМИ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ.....</b>	115
7.4	<b>ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ПРИВОДА ЛИФТОВ ДЛЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	118
7.5	<b>ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛИФТОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	120
7.6	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ЛИФТОВ ДЛЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ.....</b>	121
<b>8.</b>	<b>СИСТЕМА МУСОРОУДАЛЕНИЯ И ПЫЛЕУБОРКИ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ.....</b>	124
8.1	<b>МУСОРОУДАЛЕНИЕ.....</b>	124
8.2	<b>ПЫЛЕУБОРКА.....</b>	126
<b>9.</b>	<b>КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	126
<b>10.</b>	<b>МОНИТОРИНГ, КАК ПРОЦЕСС НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ</b>	131
10.1	<b>КОНЦЕПЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖ-</b>	133

	<b>ДЕНИЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ</b>	
10.2	<b>ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЕКТА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ (ЗАКАЗ № 5384) В ГОРОДЕ КАЗАНИ.....</b>	138
10.2.1	<b>Графическая часть проекта высотного здания.....</b>	138
10.2.2	<b>Инженерно-геологические условия строительной площадки под высотное здание в городе Казани.....</b>	141
10.2.3	<b>Пример оформления программы геотехнического мониторинга за высотным зданием в городе Москве.....</b>	146
11.	<b>ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	167
12.	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	169
13.	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. 100 САМЫХ ВЫСОКИХ ЗДАНИЙ МИРА (ПО ДАННЫМ СЮЙ ПЭЙФУ [57]).....</b>	176
14.	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. САМЫЕ ИЗВЕСТНЫЕ НЕБОСКРЕБЫ МИРА.....</b>	179
15.	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ЭТАЛОН ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ВЫСОТОЙ БОЛЕЕ 75 м.....</b>	213

Мустакимов Валерий Раифович, Якупов Самат Нухович

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Учебное пособие