**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Москва 2017 г.

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение 4
1. Область применения 6
2. Нормативные ссылки 7
3. Термины, определения и сокращения 9
4. Общие положения 10
4.1. Типологические основы проектирования 10
5. Архитектурно-планировочные решения 12
5.1. Функционально-планировочные решения 12
5.2. Требования к объемно-планировочным решениям 17
5.3. Планировочные схемы этажей 19
5.4. Объемно-пространственные решения и учет природно-климатических факторов 22
6. Объемно-планировочные компоненты высотных зданий 39
6.1. Жилые помещения 39
6.2. Помещения общественного назначения 40
6.3. Помещения общего пользования 43
6.4. Стоянки автомобилей 47
6.5. Хозяйственные и технические помещения 47
6.6. Лестнично-лифтовые узлы 48
7. Требования к конструктивным решениям 52
7.1. Конструкции надземной части 52
7.2. Требования к конструкциям подземной части 56
Приложение А. Примеры объемно-пространственных решений высотных зданий 61
Приложение Б. Примеры размещения зальных помещений в высотном здании 68
Приложение В. Примеры применения фасадных систем 72

Приложение Г. Примеры применения эксплуатируемых крыш для высотных зданий …….. 74
Приложение Д. Примеры устройства атриумов в высотных зданиях..... 76
Приложение Е. Примеры устройства стоянок автомобилей в высотных зданиях ……..... 81
Приложение Ж. Примеры устройства лестнично-лифтовых узлов в высотных зданиях …..... 84
Приложение И. Последовательность создания расчетной модели высотного здания ……..... 89
Приложение К. Методика и пример прочностного расчета НФС 90
Библиография 116

Введение

Настоящее методическое пособие разрабатывается в развитие положений СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» с учетом требований [1–4] для реализации проектировщиками требований, заложенных в строительных нормах и правилах, и выполнения более грамотного и рационального их проектирования в соответствии с положениями действующих норм.

Применение настоящего пособия даст проектировщикам механизм реализации требований по безопасности, заложенных в строительных нормах и правилах для более грамотного и рационального проектирования, а также позволит повысить качество выполняемых проектных работ за счет использования единых практических подходов к выполнению работ на основе унифицированных решений, типовых единых практических подходов к выполнению работ, а также станет основой для проведения независимых экспертных оценок выполненных работ, что обеспечит снижение рисков возникновения аварийных ситуаций и повышение безопасной эксплуатации строительных объектов.

Методическое пособие предназначено для специалистов и руководителей проектно-изыскательских и строительных организаций, учреждений и служб заказчика (инвестора) и других заинтересованных организаций, с целью обеспечения их организационно-техническими материалами, которые позволяют разрабатывать и применять высокоэффективные проектные решения зданий, обеспечивающие качество и конкурентоспособность этих объектов.

Методическое пособие включает рекомендации и разъяснения по применению возможных архитектурно-планировочных решений высотных зданий и комплексов.

Методическое пособие разработано сотрудниками АО «ЦНИИПромзданий» (д. т. н., проф. В.В. Гранев – руководитель работы, к. арх. Д.К. Лейкина) и АО «ЦНИИЭП жилища» (к. арх., проф. А.А. Магай – руководитель разработки, к. арх.,

доц. Н.В. Дубынин – ответственный исполнитель, А.И. Хорунжая, к. т. н. В.П. Блажко, Ю.Л. Кашулина, к. арх. А.О. Родимов, М.А. Жеребина).

1 Область применения

Настоящее методическое пособие рекомендуется применять при проектировании архитектурно-планировочных решений и конструкций высотных зданий и комплексов (согласно определению СП 267.1325800.2016).

Настоящее методическое пособие допускается применять при проектировании общественных зданий выше 50 м, а также многофункциональных зданий и комплексов, в которых общественные помещения располагаются на высоте более 50 м.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 33079-2014 Конструкции фасадные светопрозрачные навесные. Классификация. Термины и определения

СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изменением №1);

СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты

СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям

СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»

СП 17.13330.2011 «СНиП II-26-76Кровли»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты»

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»

СП 42.13330.2011 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»

СП 45.13330.2012 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»

СП 113.13330.2012 «СНиП 21-02-99* Стоянки автомобилей»

СП 154.13130.2013 Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности

СП 160.1325800.2014 Здания и комплексы многофункциональные. Правила проектирования

СП 257.1325800.2016 Здания гостиниц. Правила проектирования

СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

Примечание – При пользовании настоящим методическим пособием целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем методическом пособии приняты термины определения и сокращения согласно СП 54.13330, СП 118.13330, СП 113.13330, СП 160.1325800, СП 253.1325800, СП 255.1325800, СП 267.1325800, а также следующие термины обозначения и сокращения.

Архитектурный климатоп: микроклимат территории (участка) строительства, характеризующийся плотностью и этажностью застройки, и процентным соотношением искусственных и естественных покрытий.

Высотная часть: объем или секция высотного здания от земли или стилобата (при наличии) до крыши, высотой более 75м.

Стилобат высотного здания: встроенно-пристроенная мало- или среднеэтажная часть высотного здания.

Трансформативная архитектура: архитектурные решения, предусматривающие возможность динамичного изменения объемно-планировочных характеристик помещений и здания в целом, с учетом погодных условий и функциональных потребностей, с использованием технических средств.

Ядро жесткости высотного здания: объемно-планировочный элемент образованный несущими конструкциями, служит для обеспечения жесткости здания.

ВЗК – высотные здания и комплексы;

КСП – комбинированный свайно-плитный фундамент;

МГН – маломобильные группы населения;

НФС – навесная фасадная система.

4 Общие положения

4.1 Типологические основы проектирования

4.1.1 При проектировании следует различать высотные здания и высотные комплексы в соответствии с определениями, приведенными в пп. 3.5 и 3.6 СП 267.1325800.2016.

4.1.2 Высотные комплексы и здания делят на три типа:

- высотные многофункциональные здания,
- высотные специализированные здания,
- высотные универсальные здания.

4.1.3 Высотные многофункциональные здания должны соответствовать определению согласно п. 3.3 СП 160.1325800.2016. При этом функционально-планировочными компонентам могут быть жилые, общественные и производственные помещения (технологические процессы в которых не относятся к вредным и не требуют устройства санитарных зон), которые могут быть взаимосвязаны с помощью надземных и подземных переходов, отдельных лифтов и лестничных клеток, не являющихся эвакуационными с учетом [3].

4.1.4 Высотные специализированные здания также могут включать в свой состав различные функционально-планировочные компоненты, но не предусматривают их какую либо взаимосвязь, кроме общего участка, на который организованы выходы и подъезды.

Высотное специализированное здание следует называть жилым, административным офисным и т.п. в зависимости от того какой функционально-планировочный компонент занимает большую площадь по сравнению с другими. В случае равноценного распределения площадей между несколькими функционально-планировочными компонентам целесообразно использовать составное название, например, офисно-гостиничное здание и т.п.

4.1.5 Высотные универсальные здания проектируются с использованием гибкой планировочной структурой и приемов трансформативной архитектуры, допускающих в процессе эксплуатации возможность перепланировок, в том числе с целью и изменения функционального назначения помещений, а также устройство или прекращение взаимосвязей между функционально-планировочными компонентами, что позволяет организовать их эксплуатацию как многофункциональных или специализированных зданий.

5 Архитектурно-планировочные решения

5.1 Функционально-планировочные решения

5.1.1 Помещения высотного здания в соответствии с их функциональным назначением подразделяют на основные, вспомогательные и эксплуатационно-технические.

5.1.2 К основным помещениям относятся:

- жилые, предназначенные для постоянного или временного проживания – квартиры, апартаменты, гостиничные номера, общежития;

- общественные, предназначенные для работы и учебы – офисные, учебные, медицинские, библиотечные, а также производственные (как правило с экологически чистым производством, не оказывающим вредного влияния на окружающую застройку).

5.1.3 К вспомогательным помещениям относят предприятия и учреждения обслуживания:

- торгово-сервисные: супермаркеты, магазины, рестораны, кафе, отделения банков, стоянки для автомобилей и т.п.;

- культурно-развлекательные: игровые площадки, боулинги, кинотеатры, смотровые площадки и т.п.;

- физкультурно-оздоровительные: фитнес-клубы, салоны красоты, спортзалы, бассейны и т.п.

5.1.4 К эксплуатационно-техническим помещениям относят: диспетчерские, помещения служб эксплуатации, технические, лестнично-лифтовые группы, помещения пожароопасных укрытий и т.д. При этом совокупность площадей эксплуатационно-технических помещений может достигать 10-20% общей площади здания.

5.1.5 Функциональное зонирование высотных зданий, как правило, выполняется по вертикали, но также допускается и по горизонтали.

5.1.6 Вертикальные функциональные зоны выделяют по этажам высотной части и стилобата высотного здания. Их целесообразно располагать в следующей последовательности: нижние этажи – офисы, средние этажи – жилище для временного проживания, верхние этажи – жилище для постоянного проживания (рисунок 5.1).

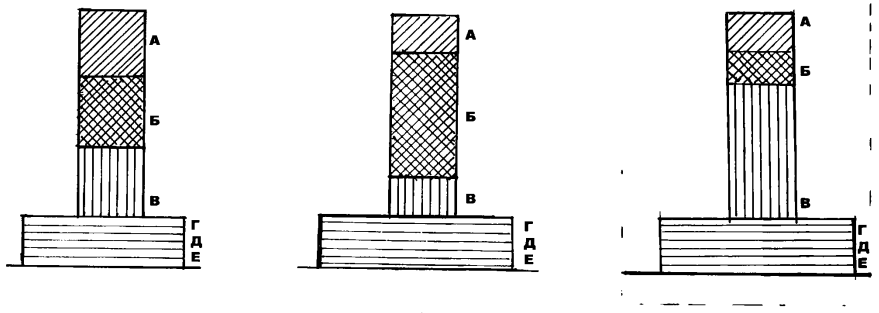


Рисунок 5.1 – Функциональное зонирование высотных зданий по вертикали.
Экспликация: А – жилые помещения, Б – гостиничные номера и апартаменты, В – административные помещения, Г – автостоянки, Д – предприятия торговли и общественного питания, Е – другие общественные помещения.

5.1.7 Горизонтальные функциональные зоны выделяют в стилобатной части, имеющей большие площади.

Допускается осуществлять функциональное зонирование по горизонтали высотной части, которое целесообразно применять при устройстве широкого корпуса. При этом план этажа делится на две или более частей, выделяемых согласно противопожарным требованиям СП 2.13130.2012 и СП 4.13130.2013.

Например, в протяженных многосекционных зданиях с широким корпусом возможно решение, при котором часть этажа предоставляется под жилище, где помещения, имеют необходимую для этого инсоляцию согласно СанПиН

2.2.1/2.1.1.1076-01, а часть, с помещениями, где невозможно обеспечить необходимую инсоляцию – под офисы, гостиницы или иные функции, не требующие солнечного света. Могут быть использованы и другие варианты выделения функциональных зон с учетом конкретных условий строительства. Схема функционального зонирования высотной части по горизонтали приведена на рисунке 5.2.

5.1.8 Перечень жилых помещений и варианты их размещения в высотных зданиях приведен в таблице 5.1.

Перечень общественных помещений и варианты их размещения в высотном здании приведен в таблице 5.2.

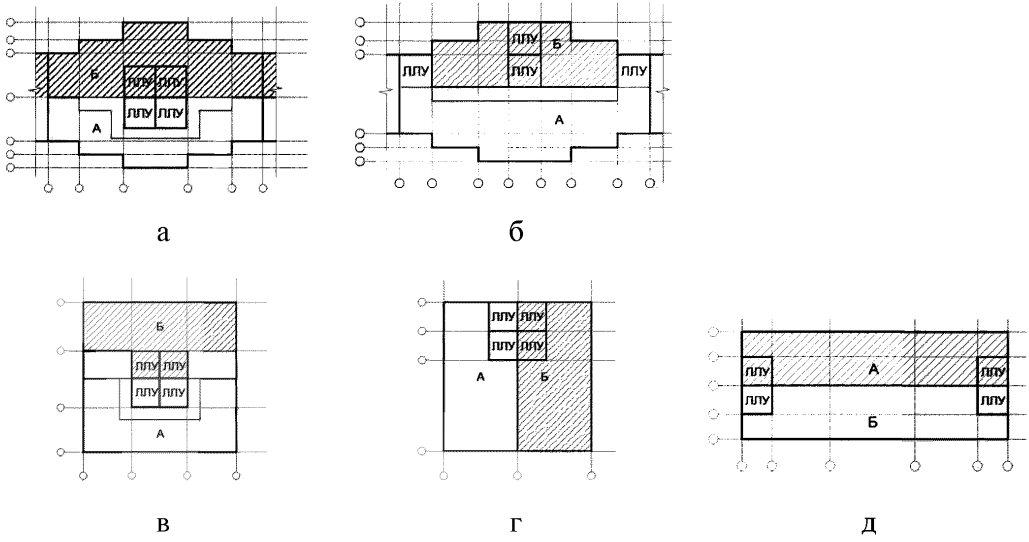


Рисунок 5.2 – Функциональное зонирование высотной части по горизонтали:
а, б – схема плана типового этажа высотной части многосекционных зданий;
в, г, д – схемы плана типового этажа высотной части односекционных зданий.

Экспликация: А – возможно размещение следующих помещений: квартиры, апартаменты квартирного типа, общежития и др.; Б – возможно размещение следующих помещений: гостиничные номера, апартаменты, административные помещения и др.; ЛЛУ – лестнично-лифтовой узел.

Таблица 5.1 – Жилые помещения, размещаемые в высотных зданиях

Наименование помещений	Предпочтительное размещение в здании
Квартиры для постоянного проживания	Верхние этажи высотной части
Квартиры для временного проживания (апартаменты квартирного типа)	Средние этажи высотной части
Общежития квартирного типа	Средние этажи высотной части
Общежития учебных заведений.	Средние этажи высотной части
Гостиницы	Средние этажи высотной части
Пентхаус для временного или постоянного проживания	Верхние этажи высотной части

Таблица 5.2 – Общественные помещения, размещаемые в высотных зданиях

Наименование помещений	Предпочтительное размещение в здании или комплексе
Помещения административного назначения	Нижние этажи высотной части
Офисы коммерческих фирм и организаций	То же
Помещения учебно-воспитательного назначения	В стилобате или пристроенном объеме здания и нижние этажи высотной части
Учреждения образования и подготовки кадров	То же
Общеобразовательные учреждения (школы, гимназии, лицеи, колледжи и т.п.)	- // -
Учреждения профессионального образования (начального, среднего, высшего и последипломного)	- // -
Внешкольные учреждения (школьников и молодежи)	- // -
Специализированные учреждения (аэроклубы, автошколы, оборонные учебные заведения и т.п.)	- // -
Помещения здравоохранения и социального обслуживания населения	В стилобате или пристроенном объеме здания
Учреждения здравоохранения	То же

Наименование помещений	Предпочтительное размещение в здании или комплексе
Лечебные учреждения со стационаром, медицинские центры и т.п.1*	- // -
Амбулаторно-поликлинические и медико-оздоровительные учреждения*	- // -
Аптеки, молочные кухни, станции переливания крови и др.	- // -
Медико-реабилитационные и коррекционные учреждения, в том числе для детей	- // -
Учреждения социального обслуживания населения	- // -
Учреждения без стационара	- // -
Учреждения со стационаром	- // -
Помещения сервисного обслуживания населения	В стилобате или пристроенном объеме здания
Предприятия розничной и мелкооптовой торговли	То же
Предприятия питания	- // -
Непроизводственные предприятия бытового и коммунального обслуживания населения	- // -
Предприятия бытового обслуживания населения	- // -
Учреждения коммунального хозяйства, предназначенные для непосредственного обслуживания населения	- // -
Учреждения и предприятия связи, предназначенные для непосредственного обслуживания населения	- // -
Учреждения транспорта, предназначенные для непосредственного обслуживания населения	В первых надземных или подземных этажах стилобата
Вокзалы всех видов транспорта	То же
Учреждения обслуживания пассажиров (в том числе туристов)	- // -
Помещения санитарно-бытового назначения	В стилобате или пристроенном объеме здания
Ветеринарные учреждения.1	То же

Наименование помещений	Предпочтительное размещение в здании или комплексе
Сооружения, здания и помещения для занятий спортом	В стилобате или пристроенном объеме здания
Физкультурные, спортивные учреждения	То же
Физкультурно-досуговые учреждения	Могут быть на разных этажах
Культурно-просветительные учреждения	В стилобате или пристроенном объеме здания
Библиотеки и читальные залы	Могут быть на разных этажах
Музеи и выставки	Могут быть на разных этажах
Религиозные организации и учреждения для населения	В стилобате или пристроенном объеме здания
Зрелищные и досугово-развлекательные учреждения	То же
Зрелищные учреждения	- // -
Клубные и досугово-развлекательные учреждения	Могут быть на разных этажах
Дельфинарии, аквапарки, комплексы аттракционов и т.п.	В стилобате или пристроенном объеме здания

5.1.9 При проектировании высотных зданий рекомендуется активное использование подземного пространства с устройством, как правило, двух и более уровней. На первых двух подземных уровнях целесообразно размещение торговых залов, зимних садов, рекреации. На более низких подземных уровнях – стоянки для автомобилей, помещения для инженерного оборудования, склады и другие вспомогательные помещения.

5.2 Требования к объемно-планировочным решениям

5.2.1 Объемно-планировочные решения высотных зданий, как правило, включают две основные части – стилобат и высотный объем. При этом в стилобатной части размещают вспомогательные и эксплуатационно-технические помещения. Высотная часть формируется из помещений основного функционального назначения здания.

5.2.2 Помещения с большой площадью, включая зальные, рекомендуется размещать в стилобате (рисунок 5.3).

В случае, если размещение зальных помещений планируется в центральной или верхней части высотного здания, рекомендуется предварительная проработка и оценка эффективности путей эвакуации, в зависимости от назначения и вместимости этих помещения.

В верхней части высотного здания рекомендуется размещать: атриумы, зимние сады, холлы, спортивнее залы, бассейны.

Примеры размещения зальных помещений в высотных зданиях приведены в приложении Б.

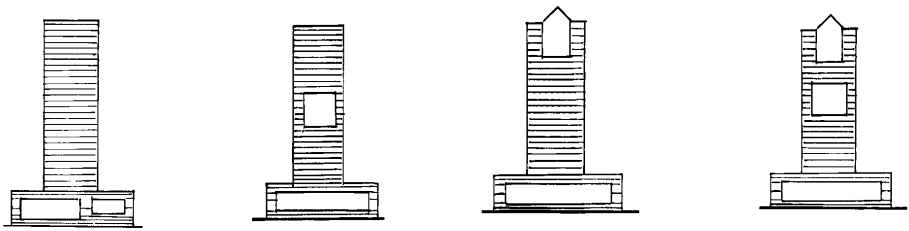


Рисунок 5.3 – Варианты размещения зальных помещений в высотном здании:
а – в стилобатной части и в нижней части высотного объема; б – в стилобатной части, в нижней и средней частях высотного объема; в – в стилобатной части, в нижней и верхней частях высотного объема; г – в стилобатной части, в нижней, средней и верхней частях высотного объема

5.2.3 Размещение автостоянок рекомендуется осуществлять в подземной части высотного здания. При размещении автостоянок в первых этажах, в стилобате, в пристроенном здании или в нижней части высотного объема (рисунок 5.4) необходимо учитывать требования пп. 11.20, 11.25 СП 42.13330.2011, п. 6.11.8 СП 4.13130.2013, а также СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

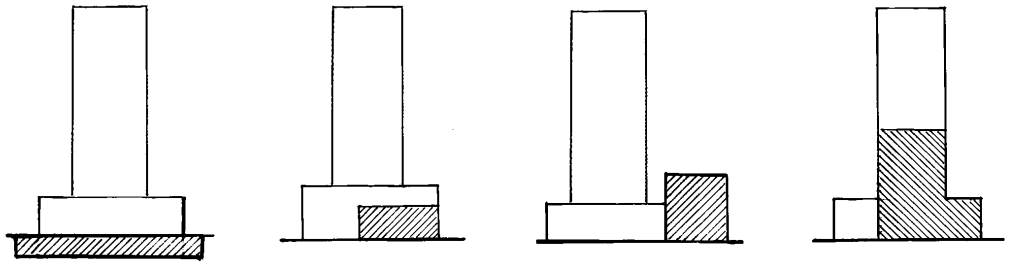


Рисунок 5.4 – Размещение автостоянок в высотных зданиях:
а – в подземном уровне; б – в первых этажах или стилобате; в – в стилобатной части, в нижней и верхней частях высотного объема; г – в стилобатной части, в нижней, средней и верхней частях высотного объема

5.3 Планировочные схемы этажей

5.3.1 Высотные здания могут быть сформированы в виде одного высотного объема или нескольких сблокированы двух и более секций (возможно разной этажности, высотных и не высотных).

5.3.2 Высотная часть здания может проектироваться с простой или сложной формой плана, при выборе которой следует учитывать функциональное назначение помещений и возможность использования в дальнейшем различных планировочных схем этажей, а также природно-климатические особенности района строительства.

Простая форма плана: квадратная (рисунок 5.5, а), прямоугольная, круглая (рисунок 5.5, б) , треугольная (рисунок 5.5, в), эллипсоидная (рисунок 5.5, г).

Сложная форма плана, основанная на сочетании простых структур или многолучевой схеме (рисунок 5.5 д, 5.5 е).

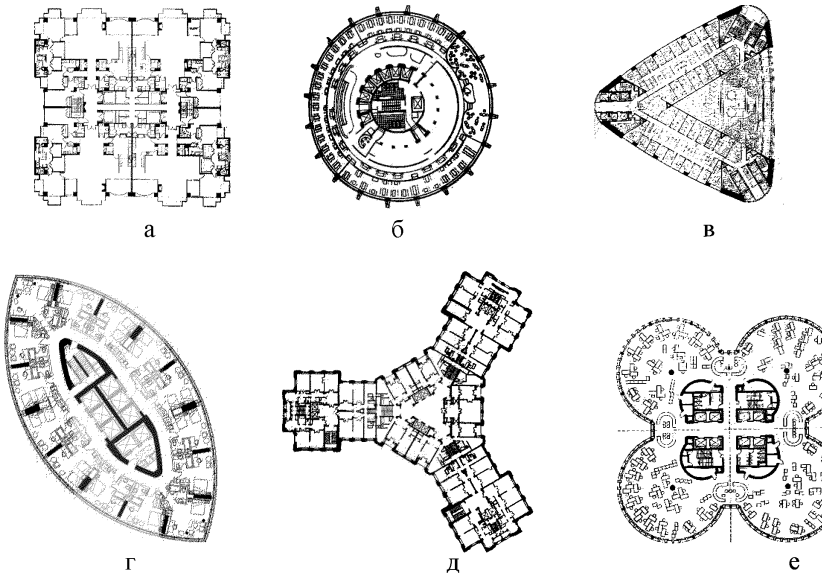


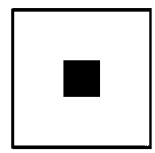
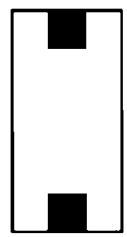
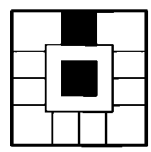
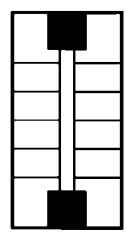
Рисунок 5.5. Планировочные схемы высотных зданий:
Простая форма плана: а – квадратная; б – круглая; в – треугольная.
Сложная форма плана: г – эллипсоидная; д – трехлучевая; е – четырехлучевая

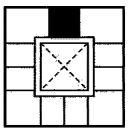
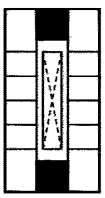
5.3.3Планировочные схемы этажей делят на следующие типы: зальная, коридорная, галерейная и смешанного типа. Выбор планировочной схемы осуществляется в зависимости от функционального назначения размещаемых на этаже помещений (таблица 5.2).

Следует учитывать, что при компактном решении планировочной схемы лестнично-лифтовые узлы могут располагаться сосредоточенно, как правило в центральной части плана. При протяженном решении планировочной схемы требуется их рассредоточенное расположение, чтобы обеспечить необходимую длину путей эвакуации.

Целесообразным решением является совмещение лестнично-лифтового узла с ядром жесткости здания.

Таблица 5.2 – Планировочная схема высотного здания

Тип планировочной схемы	Решение	Схема внутренней планировочной структуры этажей здания	Функциональное назначение помещений		
			Жилые помещения	Гостиничные помещения	Административные помещения
Зальная	Компактная		Квартиры занимающие весь этаж	Не используется	Офисы в виде залов
	Протяженная		Квартиры занимающие весь этаж	Не используется	Офисы в виде залов
Коридорная	Компактная		Квартиры с выходом в коридор	Номера, административные и хозяйственные помещения	Офисы в виде кабинетов
	Протяженная		Квартиры с выходом в коридор	Номера, административные и хозяйственные помещения	Офисы в виде кабинетов

Тип планировочной схемы	Решение	Схема внутренней планировочной структуры этажей здания	Функциональное назначение помещений		
			Жилые помещения	Гостиничные помещения	Административные помещения
Галерейная (с атриумом)	Компактная		Квартиры с выходом на галерею	Номера, административные и хозяйственные помещения	Офисы в виде кабинетов
	Протяженная		Квартиры с выходом на галерею	Номера, административные и хозяйственные помещения	Офисы в виде кабинетов

5.4 Объемно-пространственные решения и учет природно-климатических факторов

5.4.1 При проектировании высотных зданий необходимо учитывать природно-климатические факторы, влияние которых усиливается на высоте более 75 м, в том числе воздействие ветра.

5.4.2 Вертикальный профиль скорости ветра, который зависит от высоты над поверхностью земли согласно таблице 8.1 СП 253.1325800.2016, СП 20.13330 а также с учетом схем, приведенных на рисунке 5.6, в приземном слое скорость всегда ниже, чем на высоте. Сила трения с поверхностью земли прекращает влиять на скорость ветра на высоте 1,5 км при условии отсутствия высотной застройки на прилегающих участках.

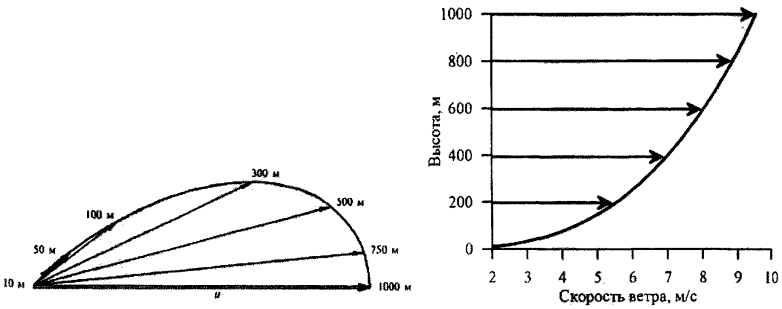


Рисунок 5.6 – Обобщенная схема изменения вектора скорости ветра с высотой (слева – спираль Экмана, справа – вертикальный профиль над ровной поверхностью)

5.4.3 Расчет скорости ветра около высотного здания должен учитывать рельеф и окружающую застройку, ее среднюю этажность и плотность, что создает условия для формирования различных типов микроклимата (архитектурного климатопа) для каждого конкретного участка строительства.

5.4.4 При выборе формы плана и конфигурации объема высотного здания следует учитывать воздействие ветра на объемно-пространственные решения. Схемы зданий с различной по форме высотной частью и траекторией движения ветровых потоков, приведены на рисунке 5.7.

Рекомендуется принимать близкую к кругу или треугольную форму плана, позволяющие формировать объем имеющий поверхность с наименьшим сопротивлением ветровому давлению (по сравнению со зданиями прямоугольной формы расчетное давление снижается на 20–40%).

Рост скорости ветра по высоте необходимо учитывать при определении процесса обтекания его ветром. Воздух перемещается над кровлей в верхней части здания в заветренную зону, на наветренной стороне воздух у поверхности фасада перемещается с уменьшением скорости вниз и в стороны к боковым фасадам в заветренную зону, по направлению к земле происходит рост скорости перемещения воздуха к бо-

ковым фасадам в заветренную вихревую зону. Давление верхних слоев воздуха на нижние слои при обтекании здания потоком ветра приводит к увеличению подвижности воздуха у поверхности земли.

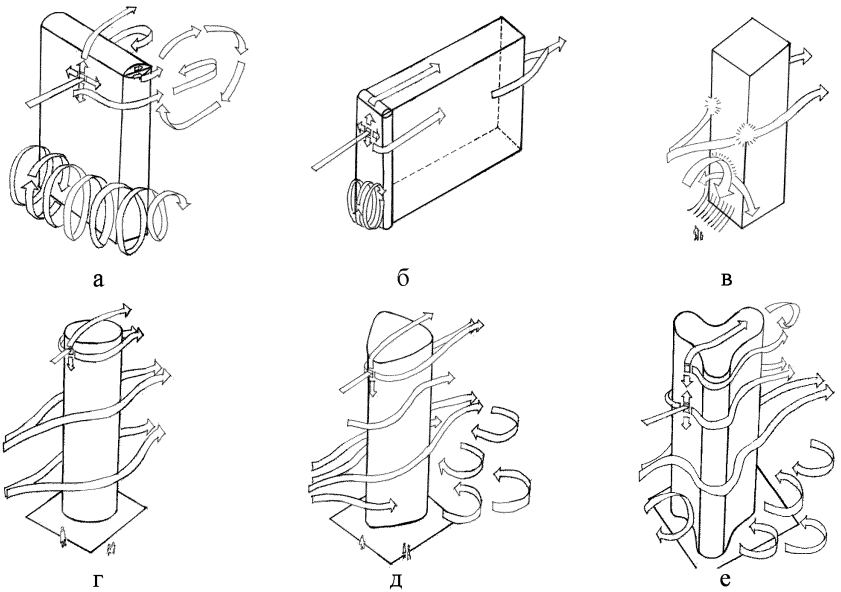


Рисунок 5.7 – Схемы объемно-пространственных решений высотных зданий с траекторией движения ветровых потоков:
а, б – с прямоугольной формой плана; в – с квадратной формой плана;
г – с круглой формой плана; д – с треугольной формой плана;
е – с многолучевой формой плана

При выборе объемно-планировочного решения высотного здания, в случае необходимости, целесообразно рекомендуется сокращать влияние ветровой нагрузки архитектурными приемами за счет формирования объема здания в виде пирамиды, пристройки объемов меньшей высоты, разделения здания на два объема, разде-

ление верха здания. Варианты приемов приведены на рисунке 5.8. Примеры соответствующих проектных решений приведены в приложении А.

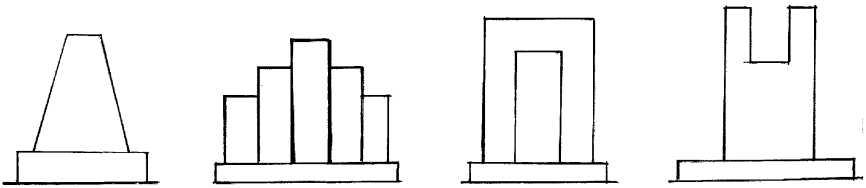


Рисунок 5.8 – Архитектурные приемы сокращения ветровой нагрузки:
а – формирование объема в виде пирамиды; б – формирование ступенчатого объема;
в – разделение здания на два объема; г – разделение верха здания

5.4.5 Использование сложных форм высотного объема должно быть обосновано не только задачами создания оригинального архитектурно-художественного облика, но и функциональной целесообразностью. Также должны быть учтены технико-экономические показатели принимаемых решений.

5.4.6 При разработке конструкции окон, формы фасадов также следует учитывать вертикальный профиль скорости ветра.

5.4.7 Обеспечивая акустический комфорт на верхних этажах необходимо учитывать ветровые шумы. Гладкие поверхности фасада при ветре обеспечивают незначительный широкополосный аэродинамический шум. Однако некоторые элементы конструкции фасада, такие как ребра, выступы, рейки, карнизы могут стать резонаторами и при определенном направлении ветра и издавать посторонние звуки. При наличии указанных элементов в архитектурном решении фасадов, чтобы избежать негативных последствий, необходимо проведение консультаций со специалистами по аэродинамике и специальных испытаний в аэродинамической трубе с проверкой модели в различных положениях.

5.4.8 Пешеходные пути и площадки вокруг высотного здания следует защищать от ниспадающих вдоль стен потоков ветра. Для этого вокруг высотных зда-

ний рекомендуется возводить подиум (стилобат), а также выполнять благоустройство прилегающего участка с размещением малых архитектурных форм и посадки деревьев с низкой кроной задерживающих ветер.

5.4.9 При размещении высотных зданий в непосредственной близости от границ санитарно-защитных зон объектов, являющихся источниками загрязнения воздушной среды (производственные объекты, автомагистрали и т.п.), следует учитывать, что на высоте более 75 м область распространения вредных выбросов может не соответствовать установленным границам. Достаточность ширины санитарно-защитной зоны следует подтверждать расчетами рассеивания в атмосферном воздухе вредных веществ с учетом силы и направления преобладающих ветров на высоте последнего этажа, в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, разделом 14 СП 42.13330.2011. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, приведена в [24].

5.4.10 Проектирование навесных фасадных систем высотных зданий необходимо выполнять в соответствии с разделом 8.4 СП 267.1325800.2016. Следует различать навесные фасадные системы с воздушным зазором и светопрозрачные.

Светопрозрачные навесные фасадные системы выполняют с механическим и комбинированным креплением светопрозрачного заполнения.

Фасады высотных зданий могут быть выполнены в следующих вариантах:

- устройство наружных стен с оконными проемами;
- устройство сплошного остекления;
- устройство дополнительного наружного остекления («двойного фасада.

Примеры применения фасадных систем приведены в приложении В.

5.4.11 Наружные стены с оконными проемами выполняются, как правило, при наличии наружных стен из монолитного бетона или из мелкоштучных элементов с поэтажным опиранием, а также навесных фасадных систем в которых формируются оконные проемы. Кроме того окна могут устраиваться между несущими элементами каркаса (выступающими торцами перекрытий, балками, колоннами, торцами стен). Конструкции элементов заполнения проемов в данном случае опи-

раются на перекрытия, а также крепятся по бокам к стенам или колоннам, а сверху к потолку (рисунок 5.9).

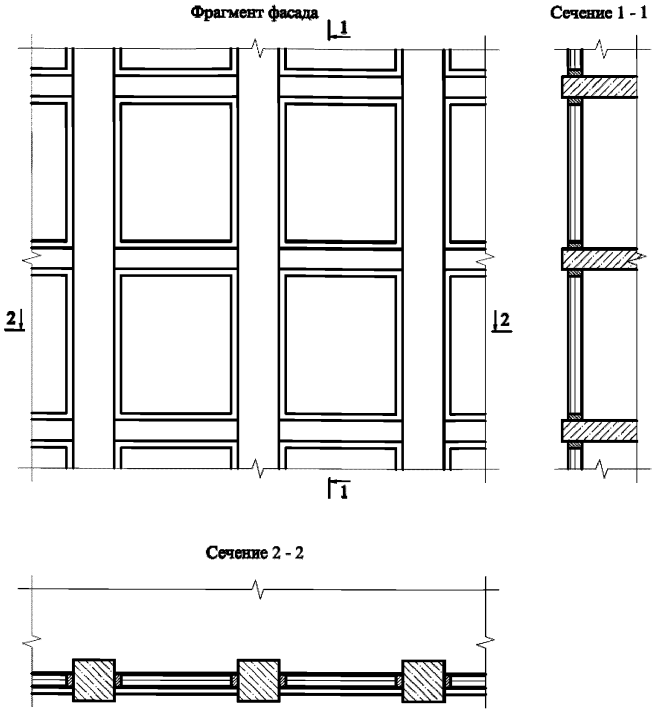


Рисунок 5.9 – Фасад с устройством окон

Также может применяться ленточное остекление (рисунок 5.10), которое формируется непрерывными горизонтальными проемами без простенков. Несущие колонны и стены в данном случае оказываются за лентой остекления. Конструкции заполнения проемов в данном случае опираются на перекрытия или подоконную стену, сверху крепятся к потолку, а также могут крепиться к торцам стен и колонн с помощью кронштейнов.

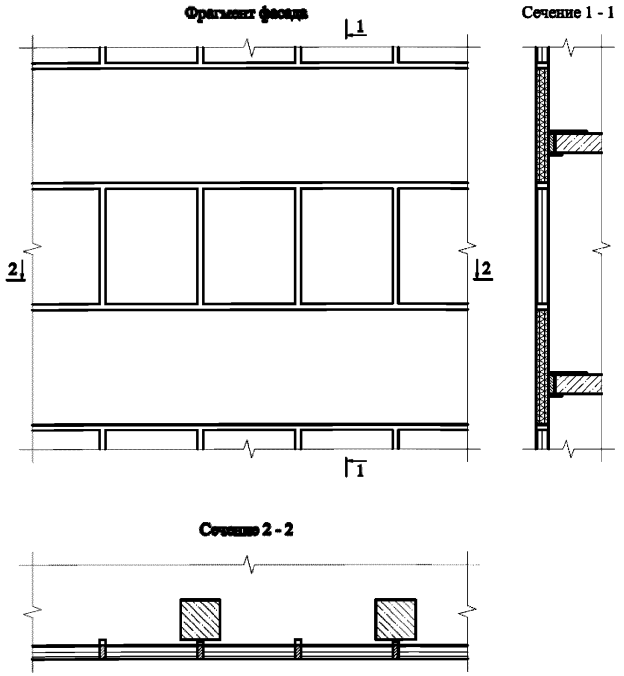


Рисунок 5.10 – Фасад с устройством ленточного остекления

5.4.12 Сплошное остекление выполняется с применением навесных светопрозрачных фасадных систем (рисунок 5.11). Они представляют собой непрерывную в горизонтальном и вертикальном направлении внешнюю стеклянную оболочку. Изнутри остекление формирует всю наружную стену от пола до потолка, от стены до стены. Конструкции фасадной системы крепятся путем их подвешивания к торцам (передним кромкам) междуэтажных перекрытий с помощью консольных кронштейнов.

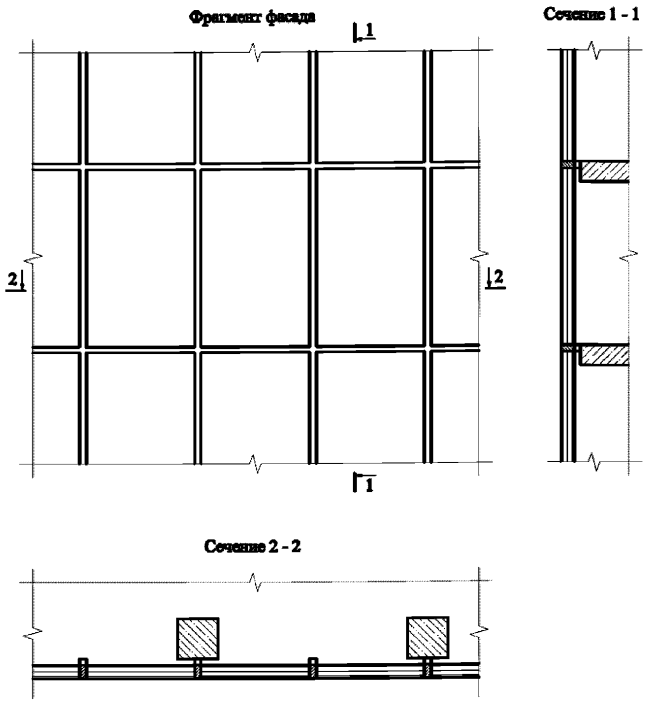


Рисунок 5.11 – Фасад с устройством сплошного остекления

Следует учитывать возможность устройства фасадов с остеклением глухих участков наружных ограждающих конструкций, которые позволяют достичь внешнего сходства с сплошным остеклением, тогда как помещения имеют ленточное остекление или окна с простенками и подоконной частью. Для этого при выполнении остекления глухих участков фасада и окон наружные поверхности стекол устанавливаются в одной плоскости. Конструкции данных навесных фасадных систем крепятся кронштейнами к наружной стене или другому основанию. Стеклянная поверхность над стенами выполняет декоративную роль и закрывает от внешних воздействий утеплитель и стену здания (рисунок 5.12).

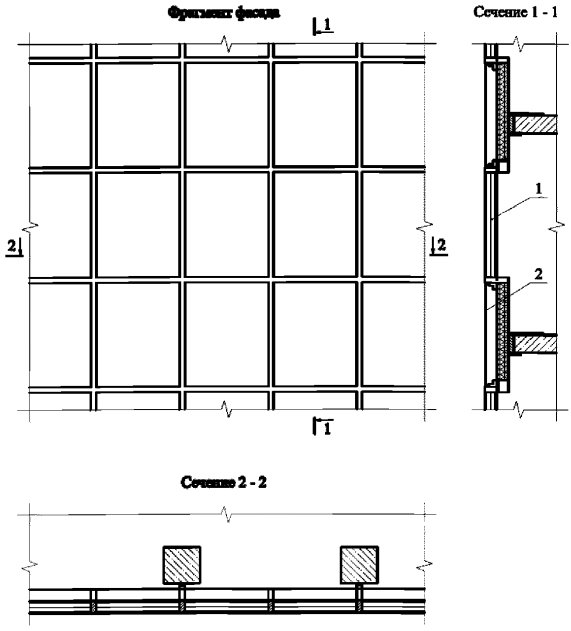


Рисунок 5.12 – Фасад с остеклением глухих участков наружных стен:
1 – остекление, 2 – облицовка стекол глухих участков стены

5.4.13 Дополнительное наружное остекление («двойной фасад») отличаются от рассмотренных выше тем, что имеют основной – внутренний и дополнительный – наружный слои остекления. Эти слои устраиваются на различном расстоянии друг от друга, которое может быть от нескольких см до 2 м (рисунок 5.13).

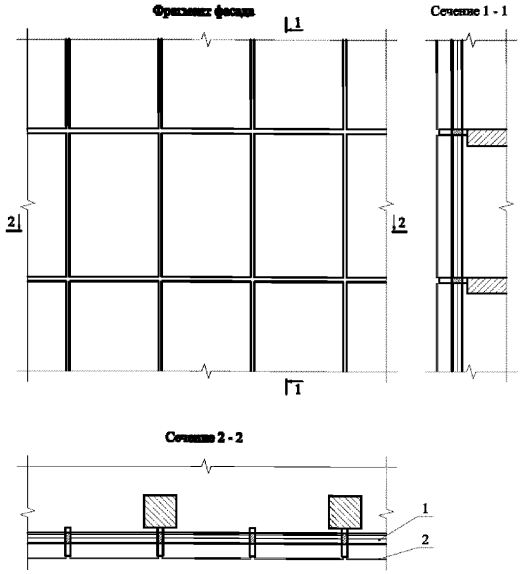


Рисунок 5.13 –Фасад с устройством дополнительного наружного остекления («двойной фасад»): 1 – основной внутренний слой остекления, 2 – дополнительный наружный слой остекления

Фасад выполняется с применением навесных светопрозрачных фасадных систем в наружном слое. При этом дополнительный наружный слой, как правило, имеет одинарное остекление и выполняет функции защиты от порывов ветра, осадков, солнца, уличного шума. Может иметь встроенные открывающиеся рамы и солнцезащитные жалюзи. Во внутреннем слое может использоваться как навесная светопрозрачная фасадная система, так и навесная фасадная система с воздушным зазором. Основной внутренний слой имеет многокамерные стеклопакеты, может быть выполнен в виде фасада со сплошным, ленточным, перфорированным остеклением, или любой иной системы.

При проектировании данных фасадов следует обратить особе внимание обоснованиям их энергоэффективности, пожарной безопасности и, для государственных и муниципальных объектов, экономической целесообразности.

5.4.14 Выбор архитектурного решения НФС осуществляют с учетом функционального назначения высотного здания, нормируемых условий по естественному освещению помещений, требований к архитектурному облику фасадов, градостроительных требований (в том числе, обусловленными требованиями по охране окружающей исторической застройки), экономической целесообразностью его исполнения.

В жилых зданиях, или в жилой части высотного здания, учитывая особенности функционально-планировочных решений, сплошное остекление рекомендуется применять для ограждения балконов, нижних этажей с встроено-пристроенными помещениями общественного назначения, зимних садов. Также оно может использоваться для гостиных представительных квартир и апартаментов. Для остальных жилых и подсобных помещений рекомендуется использовать фасады с окнами или ленточным остеклением, а также двойные фасады, внутренний слой которых будет иметь окна с простенками и подоконной частью.

В общественных зданиях, или в общественной части высотного здания, включающих помещения офисов, банков, торговых, спортивных и развлекательных центров, возможно значительное увеличение площадей остекления фасадов, что востребовано для престижных помещений, представительских кабинетов и т.п. При этом остекление всей наружной стены не рекомендуется для фасадов, на которые выходят рабочие комнаты и подсобные помещения. Учитывая это, целесообразно использовать фасады с окнами, ленточным и сплошным остеклением, а также двойные фасады.

Высотные многофункциональные здания, включающие в свою объемно-пространственную структуру разные помещения – жилье, гостиничные номера, офисные, представляют собой наиболее сложную задачу при проектировании. В данном случае рекомендуется несколько вариантов архитектурных решений фасада. Первый вариант предусматривает подчинение фасадной поверхности единой архитектурной идее и может представлять собой общую стеклянную оболочку. При этом используется двойной фасад или фасад с облицовкой из стекла глухих участков

стен. Второй вариант предусматривает сочетание нескольких архитектурных решений, и устройство комбинированного фасада, учитывающего разность требований к освещению помещений различного назначения – квартир, гостиничных номеров, офисов и т.п.

5.4.15 Конструктивное решение НФС разрабатывается в соответствии с архитектурным решением, обеспечивая принятые в нем эстетические и функциональные качества фасада и интерьеров.

Основными конструктивными элементами для всех применяемых НФС являются:

- основание (несущие конструкции здания), к которому крепятся несущие элементы конструкций НФС;
- опоры каркаса;
- ригели каркаса;
- ванты каркаса.

Общими конструктивными элементами и изделиями для всех применяемых НФС являются:

- кронштейны;
- крепежные элементы;
- элементы примыкания системы к конструкциям здания;
- рамы;
- стекла, стеклопакеты.

Классификационную структуру конструкций фасадных светопрозрачных по по расположению конструкции, типу несущего каркаса, материалу каркаса, типу крепления светопрозрачного заполнения, наличию выступающих из плоскости остекления элементов механического крепления, виду светопрозрачного заполнения следует принимать согласно ГОСТ 33079-2014.

5.4.16 Все НФС в качестве несущих конструкций используют каркас, который служит основой для монтажа стекол, стеклопакетов и рам. Он передает нагрузки от собственного веса ФС и ветра на несущие конструкции здания, к которым за-

креплен. Основными элементами каркаса являются вертикальные элементы – опоры и горизонтальные – ригели.

5.4.17 Стоечно-ригельная конструкция (рисунок А.1 ГОСТ 33079-2014) состоит из вертикальных опор и горизонтальных ригелей. Несущая структура остается с внутренней теплой стороны. Монтаж данной конструкции является достаточно сложной операцией. Все детали и элементы конструкции доставляются разрозненно и собираются на месте. Процесс монтажа ведется снаружи здания. Для монтажа требуется применение специального подъемного оборудования для людей (люлек) и материалов (лебедок). В случае плохих метеоусловий сборке следует уделять особое внимание, так как работа значительно затрудняется и увеличивается вероятность допущения ошибок.

Безригельная и ригельная конструкции представляют собой варианты опорно-ригельной конструкции. В первом случае конструкция каркаса выполняется без ригелей и применяется, когда предусматривается установка цельного на высоту этажа стекла, стеклопакета или рамы. Во втором случае – когда ригели крепятся непосредственно к стенам или другим вертикальным несущим конструкциям здания, без опор.

Стоечно-ригельная конструкция может применяться практически для всех видов фасадов.

5.4.18 Вантовая конструкция (рисунок А.4 ГОСТ 3079-2014) состоит из вертикально и горизонтально натянутых вант. Несущая структура, как правило, остается с внутренней теплой стороны. Монтаж данной конструкции является сложной операцией и требует специальных навыков исполнителей. Все детали и элементы конструкции доставляются разрозненно и собираются на месте. Процесс монтажа ведется снаружи здания. Для монтажа требуется применение специального подъемного оборудования для людей (люлек) и материалов (лебедок). В случае плохих метеоусловий сборка значительно затрудняется и увеличивается вероятность допущения ошибок.

Вантовые конструкции применяются для фасадов со сплошным остеклением, а также для двойных фасадов. Кроме того, они могут быть использованы для остекления зимних садов, светопрозрачных крыш.

5.4.19 Модульная конструкция (рисунок А.2 ГОСТ 3079-2014) состоит из рам, имеющих размер, как правило, равный высоте этаже, что позволяет их крепить непосредственно к перекрытиям или иным несущим элементам здания, без устройства дополнительного каркаса. Их производят в заводских условиях в виде готовых к монтажу фрагментов, так называемых панелей. Они уже включают каркас с установленными стеклопакетами и открываемыми элементами. Несущая структура, как правило, остается с внутренней теплой стороны. Такие фасады отличаются минимальными сроками производства и монтажа. Сам монтаж не представляет особенной сложности, но требует специальных навыков исполнителей. Все элементы конструкции доставляются в собранном виде. Процесс монтажа ведется снаружи здания. Для монтажа требуется применение специального подъемного оборудования для материалов (лебедок). В случае плохих метеоусловий сборка значительно затрудняется и увеличивается вероятность допущения ошибок (рисунок 5.14).

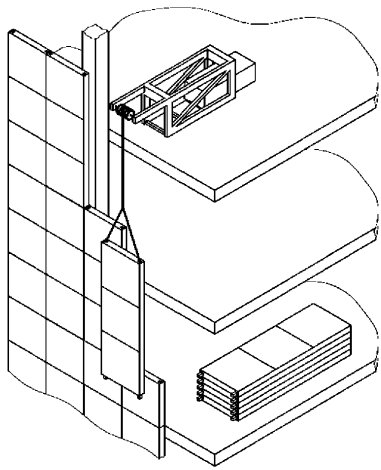


Рисунок 5.14 – Схема монтажа панелей НФС

Модульные конструкции применяются для фасадов со сплошным остеклением. Кроме того, они могут быть использованы для остекления зимних садов.

5.4.20 Фархкверковая конструкция (рисунок А.3 ГОСТ 3079-2014) состоит из вертикальных опор. Несущая структура остается с внутренней теплой стороны. Монтаж данной конструкции является достаточно сложной операцией. Все детали и элементы конструкции доставляются разрозненно и собираются на месте. Процесс монтажа ведется снаружи здания. Для монтажа требуется применение специального подъемного оборудования для людей (люлек) и материалов (лебедок). В случае плохих метеоусловий сборке следует уделять особое внимание, так как работа значительно затрудняется и увеличивается вероятность допущения ошибок.

Фархверковая конструкция представляет собой вариант опорно-ригельной конструкции. Выполняется без ригелей и применяется, когда предусматривается установка стекла без рамы. Может применяться для фасадов со сплошным остеклением.

5.4.21 Бескаркасная конструкция (рисунок А.5 ГОСТ 3079-2014) предусматривает крепление элементов остекления непосредственно к несущим конструкциям здания с помощью кронштейнов. Кронштейны остаются с внутренней теплой стороны. Монтаж данной конструкции является сложной операцией. Все детали и элементы конструкции доставляются разрозненно и собираются на месте. Процесс монтажа ведется снаружи здания. Для монтажа требуется применение специального подъемного оборудования для людей (люлек) и материалов (лебедок). В случае плохих метеоусловий сборке следует уделять особое внимание, так как работа значительно затрудняется и увеличивается вероятность допущения ошибок.

Бескаркасная конструкции может применяться для фасадов со сплошным остеклением.

5.4.22 Одним из распространенных типов крепления светопрозрачного заполнения в случаях сплошного остекления является Механическое крепление с наружными или внутренними точечными креплениями в виде болтовых опор (рисунок В.4 ГОСТ 33079-2014), которое основано на способе установки стекол и

стеклопакетов, при котором рамы и какие-либо крепежные элементы не видны на внешней плоскости фасада, за счет чего создается эффект сплошной стеклянной поверхности с малозаметными швами. Стекла или стеклопакеты располагаются почти вплотную, с незначительным зазором в несколько миллиметров без видимых крепежных лент или иных фиксирующих элементов с внешней стороны.

5.4.23 Выбор конструктивного решения НФС должен основываться на их архитектурных качествах, возможности применения в конкретном случае данных конструкций. При этом следует учитывать параметры фасада и их влияние на экономическую целесообразность тех или иных конструкций. Кроме того, важным фактором является оценка процесса монтажа, требующего устройства лесов, или допускающего проведение работ изнутри здания, что может оказаться решающим при неблагоприятных погодных условиях.

5.4.25 НФС высотных зданий, помимо предъявляемых к ним общих требований, в соответствии с действующими нормативными документами, должны:

- воспринимать дифференцированные по высоте ветровые нагрузки, в том числе их пульсационную составляющую;

- соответствовать требованиям по уровню тепловой защиты зданий в зависимости от их высоты;

- отвечать требованиям безопасности, надежности и долговечности, в том числе исключать возможность прогрессирующего обрушения;

- отвечать эксплуатационным требованиям, связанным с обслуживанием и ремонтом фасадов высотных зданий в соответствии с п. 5.10 настоящего отчета.

5.4.25 Крепления НФС к несущим конструкциям здания должны рассчитываться по прочности и деформативности с учетом всего комплекса эксплуатационных нагрузок.

5.4.26 Жесткость и прочность конструктивных элементов НФС при расчете на ветровую нагрузку должна соответствовать требованиям ГОСТ 23166-99 и СНиП 2.01.07-85*. Толщина стекол должна приниматься по ГОСТ 23166-99 в зависимости от площади, соотношения сторон поля остекления и величины ветровой нагрузки с

учетом всех ее составляющих, но не менее 6 мм для наружных стекол. Стекла должны быть закаленными и огнестойкими (например, натрий-кальций-силикатными). С внутренней стороны следует применять многослойные стекла. В целом конструкции окон и навесных светопрозрачных фасадных конструкций и характеристики стекол должны обеспечивать их безопасную эксплуатацию и недопущение распространения пожара.

5.4.27 При разработке способа крепления стекол должна быть обеспечена надежность крепления, исключающая возможность появления вибраций элементов и ослабления крепежа в процессе эксплуатации.

5.4.28 При проектировании НФС несущие конструкции, в целях повышения долговечности фасада, следует выполнять из коррозионно-стойкой стали.

5.4.29 Не допускается крепление к конструкциям НФС рекламных установок, осветительных приборов и т.п. не предусмотренных проектом. Для этого в составе проектной документации на несущем каркасе должны быть предусмотрены специальные крепежные устройства, с учетом параметров закрепляемых конструкций (размер, вес, ветровые, снеговые нагрузки и т.п.).

6 Объемно-планировочные компоненты высотных зданий

6.1 Жилые помещения

6.1.1. При проектировании квартир для постоянного проживания. А также любых жилых помещений следует соблюдать СП 54.13330. Также особенности их проектирования приведены в [5].

6.1.2 Проектирование апартаментов квартирного типа для временного проживания (например, для сдачи внаем) следует вести согласно пп. 6.2.2 – 6.2.4 СП 160.1325800.2014.

6.1.3 При проектировании гостиничных номеров для временного проживания следует соблюдать требования к помещениям, указанные в СП 257.1325800.2016.

6.1.4 При проектировании пентхауса необходимо предусматривать выход из квартиры на террасу, устраиваемую на эксплуатируемой крыше. Ее функциональное назначение и оборудование рекомендуется предусматривать с учетом пп. 1.1.3.3, 1.1.3.4.

6.1.5 Наружные стены пентхауса рекомендуется предусматривать из стекла или с большой суммарной площадью оконных конструкций. При этом размещение окон рекомендуется предусматривать по трем сторонам света с учетом окружающего ландшафта, как природного, так и городского.

6.1.6 В многоуровневых помещениях пентхауса или иных квартир с устройством антресоли рекомендуется предусматривать потолки высотой не менее 8-12 метров.

6.2 Помещения общественного назначения

6.2.1 Помещения общественного назначения проектируются с учетом требований СП 118.13330.2012* а также, в зависимости от их типа и функционального назначения, с учетом норм указанных ниже.

Предусматривая помещения учебно-воспитательного назначения в высотном здании, следует соблюдать требования СП 251.1325800.2016. Кроме того рекомендации по проектированию детских внешкольных учреждений изложены в [6], [7], [8].

Предусматривая помещения здравоохранения и социального обслуживания населения в высотном здании, следует соблюдать требования СП 158.13330.2014. Дополнительные рекомендации по проектированию учреждений здравоохранения приведены в [9].

По помещениям сервисного обслуживания населения, в том числе по предприятиям общественного питания и розничной торговли рекомендации приведены в [10], [11].

Предусматривая помещения учреждений транспорта, предназначенные для непосредственного обслуживания населения в высотном здании, следует соблюдать требования СП 113.13330.2012, 154.13130.2013, СП 4.13130.2013. Кроме того рекомендации по проектированию объектов транспорта приведены в [12], [13], [14].

По помещениям для занятий спортом требования приведены в [15], [16], [17], [18].

6.2.2 Правила проектирования помещений зрелищных и досугово-развлекательных учреждений изложены в [19], [20], [21].

Правила проектирования административных и в том числе офисных помещений приведены в [22].

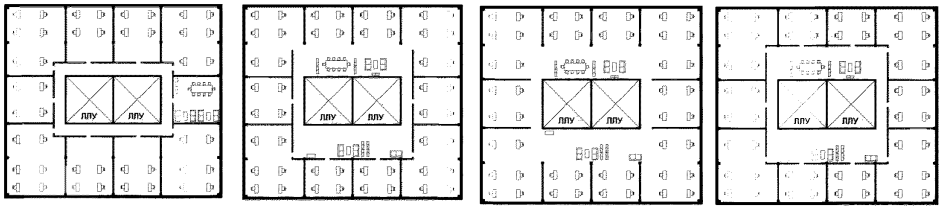
6.2.3 По планировочной организации офисы, как правило, классифицируют на модульные, комбинированные, открытые, бизнес-клубы.

При проектировании офиса с модульной планировочной организацией (модульный офис) рабочие помещения, рассчитанные на 1 – 4 рабочих места, размещают вдоль коридора с одной или двух сторон. Для размещения кухни, архивов, зала совещаний, переговоров с клиентами выделяются отдельные комнаты. Пример модульной планировочной организации офиса приведен на рисунке 6.1, а.

При проектировании офиса с открытой планировочной структурой (открытый офис) все рабочие места размещают в одном зальном помещении. При этом рабочие места могут визуально разделяться нестационарными перегородками. В этом же зале могут быть выделены зоны для кухни-ниши или буфета, собраний сотрудников, переговоров с клиентами. Пример открытой планировочной организации офиса приведен на рисунке 6.1, б.

При проектировании офиса с планировочной структурой бизнес-клуб (офис бизнес-клуб) проектируют с зальными помещениями и отдельные комнатами на 1 – 4 рабочих места, которые группируются вокруг центрального холла многофункционального назначения. В зальных помещениях рабочие места организовывают по принципу открытого офиса. В отдельных комнатах – как в модульном офисе. Центральное помещение многофункционального назначения выполняет те же функции, что и в комбинированном офисе. Данная планировочная структура обусловлена концепцией работы в офисе бизнес-клубе при которой сотрудники не имеют постоянного места работы, а занимают рабочие места для выполнения текущих задач. Пример планировочной организации бизнес-клуб-офис приведен на рисунке 6.1, в.

При проектировании офиса с комбинированной планировочной структурой (комбинированный офис) рабочие помещения, рассчитанные на 1 – 4 рабочих места, группируют вокруг центрального холл многофункционального назначения площадью не менее 30 кв. м. В нем, как правило, предусматривают функциональные зоны: для переговоров и совещаний, кафе, буфета, дополнительных и временных рабочих мест, офисной техники общего пользования, шкафов с архивами документов и прочее. Пример комбинированной планировочной организации офиса приведен на рисунке 6.1 г.



а б в г

Рисунок 6.1 – Планировочная организация офисов:
а – модульный офис; б – открытый офис; в – офис бизнес-клуб;
г –комбинированный офис. ЛЛУ – лестнично-лифтовой узел

6.2.4 Планировочную организацию офиса необходимо выбирать в соответствии со спецификой предполагаемой работы организации. Так рекомендуется предусматривать проектом возможность устройства офисов:

- модульного – при работе, не предполагающей частых собраний и при этом основанной на индивидуальном труде сотрудников за рабочим столом (например, административная работа);

- комбинированного – при необходимости в частых собраниях в сочетании с индивидуальным трудом сотрудников (например, научная работа);

- открытого – при коллективной работе сотрудников и систематических ежедневных совещаниях (например, проектная мастерская);

- бизнес-клуба - при постоянном решении сотрудниками многопрофильных задач (например, работа коммерческого плана).

6.2.5 При проектировании офисной части высотного здания рекомендуется предусматривать гибкие планировочные решения и обеспечивать их вариантность, чтобы в процессе эксплуатации сохранять возможность изменения планировочной организации офисов с учетом конъюнктуры спроса.

Гибкость планировочной организации этажей офисной части рекомендуется достигать путем размещения подсобных помещений и инженерных коммуникаций

около лестнично-лифтового узла, а при ри выборе конструктивной схемы здания выбора укрупненной планировочной структуры с квадратными и прямоугольными помещениями площадью 400–500 м^2, по возможности без внутренних опор, затрудняющих перепланировку.

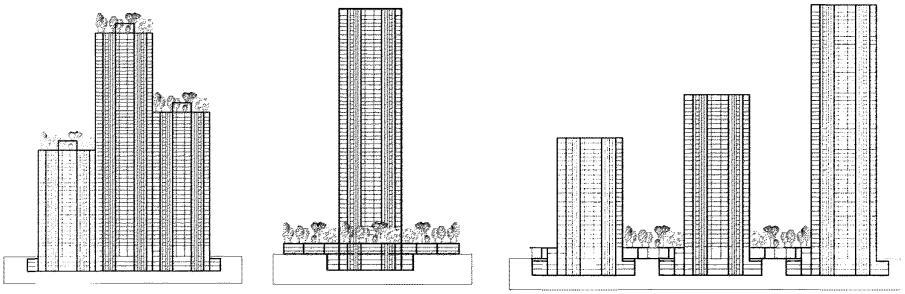
6.3 Помещения общего пользования

6.3.1 К помещениям общего пользования относят помещения входной группы, вестибюли, холлы, внеквартирные коридоры, хозяйственные кладовые, летние помещения и площадки (лоджии, балконы и террасы), эксплуатируемые крыши, атриумы.

6.3.2 Помещения входных групп в общественную часть здания проектируются в соответствии с СП 118.13330.2012*, для гостиниц – в соответствии с СП 257.1325800. Правила проектирования помещений входной группы в жилую часть здания изложены в [5].

6.3.3 Эксплуатируемые крыши следует проектировать с учетом пп. 6.22, 6.23 СП 267.1325800.2016 и пп. 6.1.10, 6.1.15 СП 160.1325800.2014, СП 17.13330.2011. Кроме того, правила их устройства изложены в [23].

Эксплуатируемые крыши могут устраиваться на стилобате и высотной части. Их допускается использовать для размещения площадок различного назначения как для жителей и работающих в высотных зданиях (согласно СП 267.1325800), так и для устройства смотровых площадок, бассейнов, спортивных площадок и других объектов благоустройства Схема размещения эксплуатируемых крыш представлена на рисунке 6.2. Примеры применения эксплуатируемых кровель приведены в приложении Г.



а б в

Рисунок 6.2 – Схема размещения эксплуатируемых крыш на высотном здании и комплексе: а – на высотной части, б – на стилобате, в – на платформе между зданиями

Эксплуатируемые крыши могут включать зоны для жителей, работающих в здании, а также открытые для гостей, туристов и других категорий граждан. При этом необходимо выделение соответствующих изолированных зон доступа. В том числе для этого рекомендуется устройство отдельной группы лифтов (или лифта) и лифтовых холлов, оборудованных техническими средствами системы контроля, слежения и управления доступом.

6.3.4 При устройстве эксплуатируемых крыш, при необходимости, а на высоте более 75 м обязательно, следует предусматривать защиту от ветра для обеспечения комфортной среды. Для этого могут использоваться экраны, в том числе из светопрозрачных конструкций, не ухудшающие обзор со смотровых площадок.

При необходимости защиты от осадков и солнца на эксплуатируемых крышах целесообразно устраивать навесы, маркизы и перголы, как правило, с использованием трансформируемых конструкций.

6.3.5 Атриумы высотных зданий следует проектировать в соответствии с требованиями пп. 7.11 – 7.22 СП 160.1325800.2014.

6.3.6 Устройство атриума в высотном здании рекомендуется с целью организации крытого пешеходного и рекреационного пространств, объединения обще-

ственных пространств нескольких этажей (например, надземных и подземных уровней), устройства зимних садов и т.п.

Также устройство атриума способствует решению задач увеличения глубины корпуса и повышения энергоэффективности здания с обеспечением объемов естественной вентиляции и естественного освещения его внутренней части.

6.3.7 По размещению в объемно-планировочной структуре высотного здании атриумы классифицируются на: встроенные, пристроенные, встроенно-пристроенные. Объемно-планировочные решения атриумов в высотных зданиях представлены на рисунке 6.3. Примеры устройства атриумов в высотных зданиях приведены в приложении Д.

Встроенные атриумы могут размещаться на любых этажах высотного объема, а также по всей высоте здания. В зависимости от размещения они могут иметь верхний (рисунок 6.3, в, г, д), боковой или верхний и боковой свет (рисунок 6.3, е, ж, и). Пристроенные, а также встроено-пристроенные атриумы могут использоваться для объединения двух и более корпусов (рисунок 6.3, к).

6.3.8 Если здание имеет несколько высотных объемов, то между ними, а также в высотном комплексе между его корпусами могут устраиваться переходы в уровне любого этажа. Они обеспечат функциональную связь помещений в разных высотных объемах (корпусах), а также могут использоваться для эвакуации людей в чрезвычайных ситуациях. Схема устройства переходов приведена на рисунке 6.4.

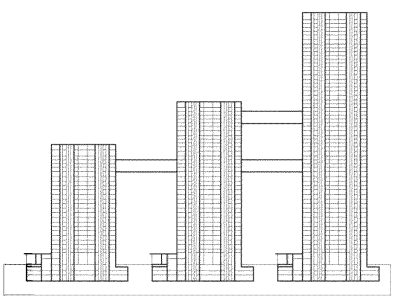


Рисунок 6.4 – Схема размещения переходов между корпусами высотного комплекса

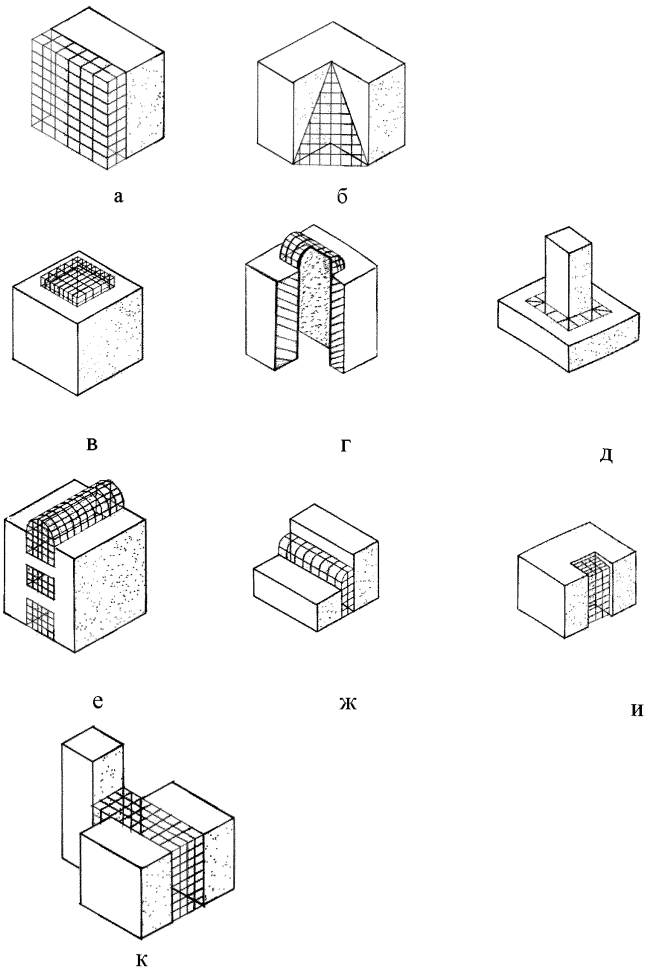


Рисунок 6.3 Объемно-планировочные решения атриумов
в высотных зданиях:
а, б – пристроенный атриум, примыкающий к стенам здания; в, г, д – встроенный атриум с верхним светом; е, ж, и – встроенный атриум с боковым и верхним светом; к – встроено-пристроенный атриум

6.4 Стоянки автомобилей

6.4.1 При проектировании стоянок автомобилей в высотных зданиях следует руководствоваться СП 113.13330, СП 154.13130 а также пп. 7.2.8, 7.2.9, 9.18 и 14.17 СП 267.1325800.

6.4.2 Стоянки автомобилей, как правило, располагают на подземных уровнях или в отдельно стоящих сооружениях. Въезды, выезды и проезды к ним следует организовывать с учетом требований СП 42.13330. Также следует учитывать п. 6.11.7 СП 4.13130.2013.

При устройстве встроенных и пристроенных к высотным зданиям стоянок автомобилей открытого типа на надземных этажах, а также на эксплуатируемой крыше необходимо соблюдение требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 по санитарным разрывам.

6.4.3 Примеры устройства стоянок автомобилей в высотных зданиях приведены в приложении Е.

6.4.4 При расположении стоянки далее 50 метров от входа в здание допускается предусматривать организацию службы парковки автомобилей для МГН парковщиками. При этом МГН подъезжают на автомобилях к пересадочным площадкам (зонам), на которых происходит их высадка, передача автомобилей парковщикам, которые осуществляют доставку этих автомобилей на стоянку и обратно.

6.5 Хозяйственные и технические помещения

6.5.1 Проектирование помещений, в которых размещается инженерное и техническое оборудование, являющееся источником шума и вибрации следует выполнять в соответствии с п. 12.3.2 СП 267.1325800.

6.5.2 Помещения трансформаторных подстанций (сетевые подстанции, РТП, ТП) – в соответствии с 10.3.1 и 10.3.2 СП 267.1325800. При этом следует учитывать, что под смежными понимаются помещения, разделенные стеной, в том числе двойной с воздушным зазором. Жилые, общественные и иные помещения с по-

стоянным пребыванием людей должны быть отделены от трансформаторной подстанции коридором, комнатой, кладовой и т.п. с шириной не менее 0,7м.

6.5.3 Если в помещениях имеются внутренние тепловые нагрузки, требующие интенсивного охлаждения, рекомендуется предусматривать дополнительные установки кондиционирования воздуха и венткамеру.

6.6 Лестнично-лифтовые узлы

6.6.1 Лестничные клетки и лифты высотного здания допускается размещать как рассредоточено, но. Как правило, их компануют в составе лестнично-лифтового узла, который может включать несколько лестничных клеток и лифтовой холл с несколькими лифтовыми шахтами, шахты инженерных коммуникаций (вентиляции, водоснабжения, канализации и др. инженерных сетей), технические, служебные и хозяйственные помещения (санузлы, венткамеры, шкафы с инженерным оборудованием).

6.6.2 Лестнично-лифтовые узлы размещают, как правило, в ядре жесткости высотного здания. Примеры архитектурно-планировочных решений лестнично-лифтовых узлов высотных зданий приведены на рисунке 6.4. Примеры устройства лестнично-лифтовых узлов в высотных зданиях приведены в приложении Ж.

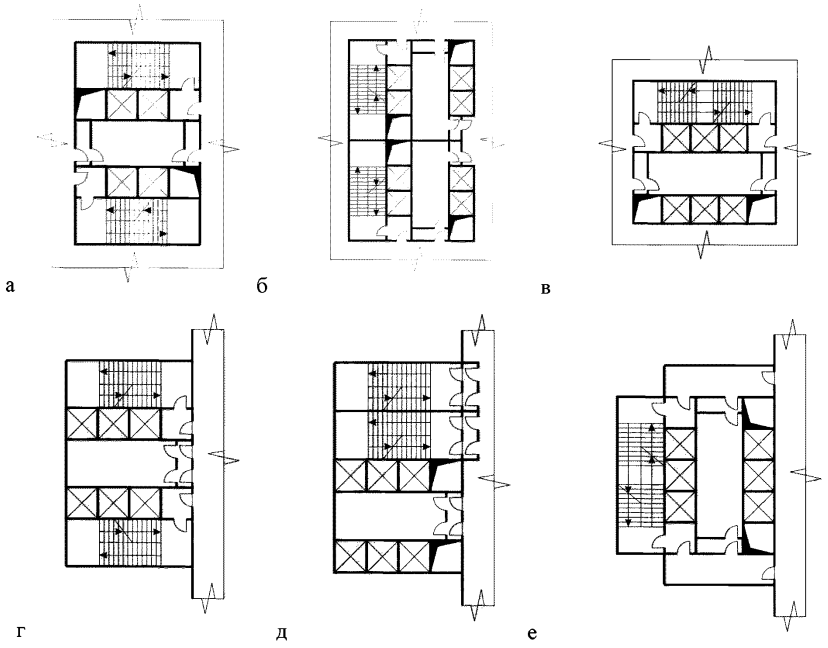


Рисунок 6.4. – Архитектурно-планировочное решения лестнично-лифтовых узлов высотных зданий:

а – раздельное размещение лестничных клеток; б – смежное размещение лестничных клеток; в – совмещенное размещение лестничных клеток; г – раздельное размещение лестничных клеток в отдельных объемах; д – смежное размещение лестничных клеток; е – совмещенное размещение лестничных клеток

6.6.3 Минимальная ширина лестничных маршей, измеряемая в свету между перилами, или перилами и стеной должна быть не менее 1,2 м. Точная ширина лестничных маршей определяется расчетом по эвакуации.

6.6.4 Общие требования к лифтам, выбору схемы организации их работы (высотного зонирования или высотного разделения с пересадкой), схеме управления лифтами (последовательная, собирательная, двусторонняя собирательная, избира-

тельная), их расчету изложены в разделе 10.5 СП 267.1325800.2016. Расчет провозной способности лифтов следует выполнять с учетом приложения Д СП 267.1325800.2016

6.6.5 Лифты, обслуживающие одну функциональную зону (функционально-планировочные компоненты здания) или в соответствии с зонами обслуживания по высоте, рекомендуется компоновать в группы. В каждой группе должно быть не более восьми лифтов. При применении четырех или шести лифтов, они также могут быть установлены в один или два ряда, чтобы обеспечить наиболее короткое расстояние от кнопки вызова до лифта. Пример схемы группировки лифтов приведены на рисунке 6.5.

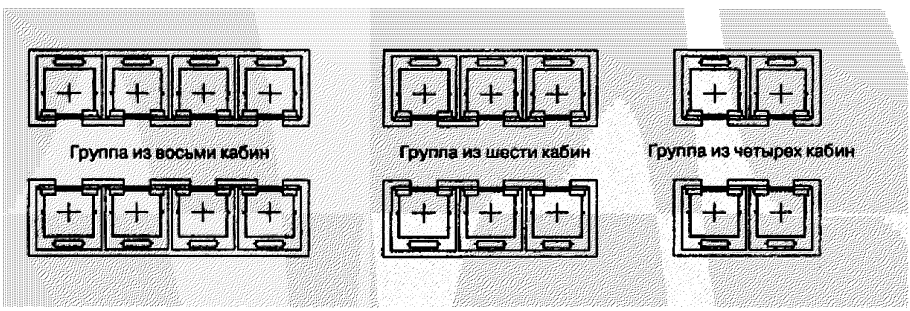


Рисунок 6.5 – Схемы группировки лифтов

6.6.6 При необходимости ускорить доступ на верхние этажи, а также при выделении зон безопасности, предназначенных для общего доступа (обзорные площадки, рестораны на верхних этажах) рекомендуется предусматривать экспресс-лифты со скоростью 7,0 м/с.

6.6.7 При необходимости, в том числе для зданий высотой 100 м и более, в целях уменьшения объема шахт и площади главного вестибюля рекомендуется предусматривать двухэтажные лифты (нижний этаж кабины останавливается, например, на четных, а верхний на нечетных этажах).

Система с двухэтажными лифтами имеет ограниченное применение и рекомендована в использовании в зданиях с большой плотностью одновременно находящихся в них людей, или же в зданиях, в которых экономия пространства за счет лифтовых шахт имеет первостепенное значение. Предусматривать двухэтажные лифты рекомендуется в сверхвысоких зданиях в комбинации с переходными лифтовыми холлами.

7 Требования к конструктивным решениям

7.1 Конструкции надземной части

7.1.1 При расчете конструкций высотного здания следует учитывать нагрузки и воздействия, а также конструктивные решения в соответствии с разделами 7 и 8 СП 267.1325800.2016.

Последовательность создания расчетной модели высотного здания приведена в приложении И. Основными этапами являются выявление и сбор обязательных и дополнительных условий, и обработка данных на завершающей стадии.

7.1.2 Конструктивные системы высотных зданий подразделяются на четыре вида - каркасную (рамную), стеновую (бескаркасную, диафрагмовую), ствольную и оболочковую.

Каркасная – с пространственным рамным каркасом, применяется преимущественно в строительстве многоэтажных сейсмостойких зданий. В свою очередь каркасные системы подразделяются на рамно-каркасные, каркасные с диафрагмами жесткости, каркасно-ствольные;

Стеновая (бескаркасная) – самая распространенная в жилищном строительстве, ее используют в зданиях различных планировочных типов высотой от одного до 30 этажей.

Ствольная система применяется в зданиях свыше 16 этажей. Наиболее целесообразно применение ствольной системы для компактных в плане многоэтажных зданий, особенно в сейсмостойком строительстве, а также в условиях неравномерных деформаций основания (на просадочных грунтах, над горными выработками и др.);

Оболочковая (коробчатая) система присуща уникальным высотным зданиям жилого, административного или многофункционального назначения.

Комбинированные (смешанные) системы сочетают в себе отдельные признаки двух других систем, к ним относят каркасно-стеновые, каркасно-ствольные и коробчатоствольные и другие.

7.1.3 Основные конструктивные системы ориентированы на восприятие всех силовых воздействий одним типом несущих элементов. Так, например, при стержневых конструкциях узлы сопряжения колонн с ригелями должны быть жесткими (рамными) в обоих направлениях, чтобы обеспечить восприятие вертикальных и горизонтальных воздействий.

7.1.4 Наряду с основными системами широко применяют и комбинированные конструктивные системы. В этих системах вертикальные несущие конструкции компонуются из различных видов элементов. К их числу относятся системы: каркасно-диафрагмовая со связями в виде стен - диафрагм жесткости, с неполным каркасом (несущие наружные стены и внутренний каркас), каркасно-ствольная, ствольно-стеновая, ствольно-оболочковая и др. (рисунок 7.1).

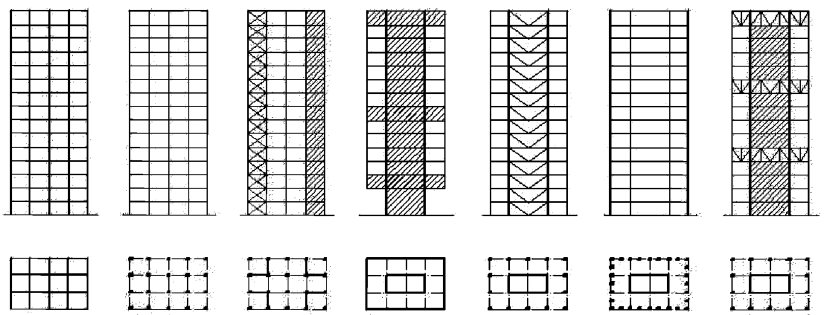


Рисунок 7.1 – Применяемые конструктивные системы высотных зданий:
1 – бескаркасная (стеновая); 2а – рамная; 2б – каркасная с диафрагмами жесткости;
3 – ствольная; 4 – каркасно-ствольная; 5 – коробчатая (оболочковая);
6 – коробчато-ствольная (оболочково-ствольная)

7.1.5 Для наиболее нагруженных элементов используются сталежелезобетонные конструкции с жесткой арматурой из прокатных или сварных элементов, дополненной гибкой арматурой по контуру. Радикальное увеличение несущей способности колонн дает переход к колоннам из трубобетона. В таких колоннах стальная оболочка из круглой стальной трубы, заполненной бетоном высокой прочности, создает обжатие бетонного ядра, служа одновременно вертикальной и горизонтальной арматурой колонн.

7.1.6 Несущие конструктивные системы высотных зданий разделяют на регулярные, в которых по длине, ширине и высоте здания применяется одинаковый шаг колонн и стен, и нерегулярные в плане и по высоте здания.

7.1.7 В нерегулярных несущих конструктивных системах центр жесткости и центр масс конструктивной системы должны совпадать (или были близкими) с центром общей площади фундамента. Общая пространственная жесткость и перераспределение усилий в нерегулярных конструктивных системах высотных зданий обеспечивается за счет введения распределительных конструкций – плит (значительных толщин), распределительных балок, стен, ферм.

7.1.8 Увеличение пространственной жесткости конструктивных систем высотных зданий может быть обеспечено:

- симметрично расположенными диафрагмами и ядрами жесткости;

- коробчатыми (оболочковыми) конструктивными системами с несущими наружными стенами по всему контуру здания или часто установленными стальными колоннами;

- регулярным расположением несущих конструкций в плане и по высоте здания;

- дисками перекрытий, которые объединяют вертикальные несущие конструкции и выполняют функции горизонтальных диафрагм жесткости при действии ветровых или сейсмических нагрузок;

- упруго податливых узловых сопряжений между несущими конструкциями;

- применением аутригеров, располагаемых в уровнях верхних и средних технических этажей в районах с сейсмичностью до 6 баллов. Для районов с более высокой сейсмической активностью уровни расположения аутригеров определяются расчетом.

7.1.9 Если в высотном здании или в комплексе разновысотных зданий имеется малоэтажная стилобатная часть развитая в плане, между высотным зданием и стилобатной частью следует предусматривать деформационные осадочные швы, отделяющие их друг от друга.

В зависимости от габаритных размеров в плане примыкающих друг к другу зданий и стилобата следует предусматривать температурно-усадочные швы. Требуемые расстояния между температурно-усадочными швами устанавливаются расчетом.

7.1.10 При устройстве НФС следует учитывать, что помимо предъявляемых к ним общих требований, в соответствии с действующими нормативными документами, должны:

- воспринимать дифференцированные по высоте ветровые нагрузки, в том числе их пульсационную составляющую;

- соответствовать требованиям по уровню тепловой защиты зданий в зависимости от их высоты;

- отвечать требованиям безопасности, надежности и долговечности, в том числе исключать возможность прогрессирующего обрушения;

- отвечать эксплуатационным требованиям, связанным с обслуживанием и ремонтом фасадов высотных зданий в соответствии с п. 5.10 настоящего отчета.

7.1.11 Крепления НФС к несущим конструкциям здания должны рассчитываться по прочности и деформативности с учетом всего комплекса эксплуатационных нагрузок.

7.1.12 Жесткость и прочность конструктивных элементов НФС при расчете на ветровую нагрузку должна соответствовать требованиям ГОСТ 23166-99 и СНиП 2.01.07-85*. Толщина стекол должна приниматься по ГОСТ 23166-99 в зависимости

от площади, соотношения сторон поля остекления и величины ветровой нагрузки с учетом всех ее составляющих, но не менее 6 мм для наружных стекол. Стекла должны быть закаленными и огнестойкими (например, натрий-кальций-силикатными). С внутренней стороны следует применять многослойные стекла. В целом конструкции окон и навесных светопрозрачных фасадных конструкций и характеристики стекол должны обеспечивать их безопасную эксплуатацию и недопущение распространения пожара.

7.1.13 При разработке способа крепления стекол должна быть обеспечена надежность крепления, исключающая возможность появления вибраций элементов и ослабления крепежа в процессе эксплуатации.

7.1.14 При проектировании НФС несущие конструкции, в целях повышения долговечности фасада, следует выполнять из коррозионно-стойкой стали.

7.1.15 Не допускается крепление к конструкциям НФС рекламных установок, осветительных приборов и т.п. не предусмотренных проектом. Для этого в составе проектной документации на несущем каркасе должны быть предусмотрены специальные крепежные устройства, с учетом параметров закрепляемых конструкций (размер, вес, ветровые, снеговые нагрузки и т.п.).

7.1.16 Методика и пример прочностного расчета НФС приведены в приложении К.

7.2 Требования к конструкциям подземной части

7.2.1 Глубина заложения фундаментов принимается такой, чтобы обеспечить жесткость подземной части здания, заделку здания в основание и уменьшение осадок и кренов сооружения. Для высотных зданий наиболее эффективными решениями фундаментов могут быть следующие варианты:

- плитные фундаменты повышенной жесткости (рисунок 7.2. а), плитные переменной толщины (рисунок 7.2, б), а также коробчатого типа (рисунок 7.2, в) с развитой подземной частью, на естественном или укрепленном основании;

- свайные фундаменты (рисунок 7.2, г), в том числе в виде глубоких опор с заделкой нижних концов в коренные породы грунтов – известняки;

- комбинированные свайно-плитные (КСП) фундаменты (рисунок 7.2, д).

Выбор конструкции фундамента осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов и зависит от конструктивно-планировочной схемы здания, характера напластований грунтов, их физико-механических характеристик и взаимодействия строящегося здания с массивом грунта и окружающей застройкой.

7.2.2 Плитный фундамент представляет собой сплошную железобетонную плиту повышенной жесткости (толщиной 1,5 и более метров), расположенную под всей площадью возводимого здания (рисунок 7.2, а). Нагрузки от здания распределяются по всей поверхности фундаментной плиты и передаются на грунты основания главным образом через подошву.

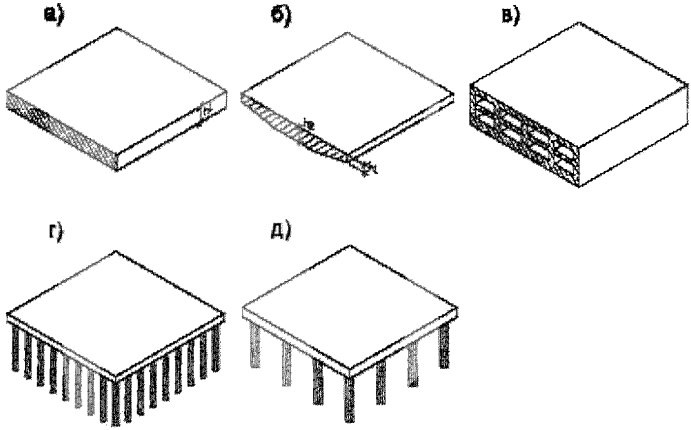


Рисунок 7.2 – Конструктивные типы фундаментов высотных зданий:
а – плитные; б – плитные переменной толщины; в – плитные коробчатого типа; г – свайные со сплошным плитным ростверком; д – комбинированный свайно-плитный

7.2.3 Плитные фундаменты традиционно являются наиболее простым конструктивным решением. Однако, условия взаимодействия таких фундаментов с основанием при применении их для высотных зданий требуют тщательного расчетного обоснования из-за возможного возникновения кренов, выпоров грунта из под края фундамента, значительных изгибающих усилий в конструкции фундамента, потенциальной возможности потери общей устойчивости здания. При достаточно прочных и малодеформируемых грунтах плитные фундаменты могут применяться при больших (более 500 кПа) удельных нагрузках на основание, если расчетами доказано отсутствие сколько-нибудь значительного локального выпора грунта из под фундамента и прогнозируются допустимые для нормальной эксплуатации величины осадок. Для обеспечения перечисленных условий могут применять следующие мероприятия:

- усиление грунтов в основании;

- устройство консольных выпусков из фундаментной плиты за пределы контура здания;

- устройство отсечных стенок, препятствующих выпору грунта из-под фундаментной плиты;

- организация деформационных швов;

- разработка оптимальных схем передачи нагрузок на основание, учитывающих очередность возведения зданий, входящих в комплекс строящегося объекта.

Плитные (сплошные) фундаменты проектируют в виде балочных или безбалочных, бетонных или железобетонных плит. Ребра балочных плит могут быть обращены вверх и вниз. Места пересечения ребер служат для установки колонн каркаса. При большом заглублении сплошных фундаментов и необходимости обеспечить большую их жесткость фундаментные плиты можно проектировать коробчатого сечения с размещением между ребрами и перекрытиями коробок помещений подвалов.

7.2.4 Фундаменты в виде коробчатого сечения применяются при возведении высотных зданий с большими нагрузками. Ребра такой плиты выполняются

на полную высоту подземной части здания и жестко соединяются с перекрытиями, образуя таким образом замкнутые различной конфигурации сечения. Этот тип фундамента формирует под зданием развитое подземное пространство, представляя собой нижнюю фундаментную плиту, наружные и внутренние вертикальные несущие конструкции (стены, колонны, стволы) и перекрытия одного или нескольких подземных этажей. Количество участвующих в работе перекрытий определяется по расчету.

Вместе с подземной частью такой плитный фундамент еще называют «плавающим». Применение его может оказаться эффективным при строительстве высотных зданий на основаниях, сложенных не столь прочными грунтами, которые рекомендуются для сплошных фундаментных плит. В тоже время повышение этажности подземной части высотного здания потребует как геотехнического обоснования проектов, так и решения ограждающих конструкций котлованов.

7.2.5 Свайные фундаменты устраивают при строительстве зданий на слабых сильносжимаемых водонасыщенных грунтах, а также при передаче на основание больших нагрузок от колонн и стен. Этот тип фундамента обеспечивает передачу нагрузки на более плотные грунты, расположенные на некоторой глубине. Свайный фундамент под высотным зданием предполагает устройство свайного поля чаще всего из буронабивных или буроинъекционных свай различной конфигурации, объединенных сплошным массивным жестким ростверком, занимающим всю площадь пятна застройки возводимого здания.

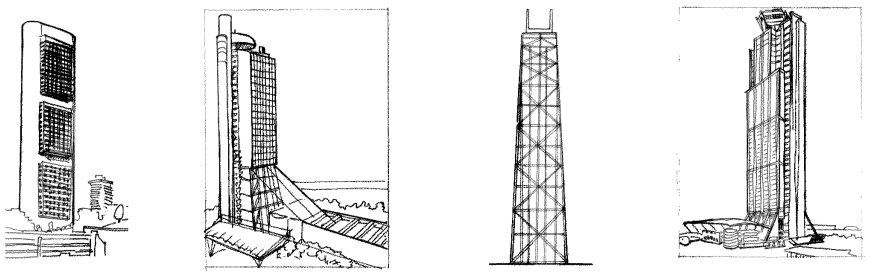
7.2.6 Комбинированный свайно-плитный фундамент – фундаментная плита, усиленная забивными или буронабивными сваями.

Комбинированный свайно-плитный фундамент (КСП), состоящий из свай и железобетонной плиты, располагаемой при наличии подземных этажей у пола нижнего этажа. В отличие от свайного фундамента нагрузка в КСП фундаменте воспринимается и плитой, и сваями одновременно, причем доля нагрузки, воспринимаемая плитой или сваями, зависит от расстояния между сваями, которое обычно, принимается равным 5–6 диаметрам.

7.2.7 Основания, фундаменты и подземные части высотных зданий следует проектировать в соответствии с требованиями раздела 8.1 СП 267.1325800.2016, ГОСТ 27751, СП 20.13330, СП 22.13330, СП 24.1330, СП 45.13330.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Примеры объемно-пространственных решений высотных зданий



а б в г

Рисунок А.1 – Примеры объемно-пространственных решений высотных зданий с прямоугольной формой плана:

а – Оверси-Чайниз Бэнкинг Корпорэйшн Сэнтр, Сингапур,

арх.: Я.М.Пэй энд Партнерс, 52 этажа;

б – Хесперия Хотэл, Барселона, Испания.

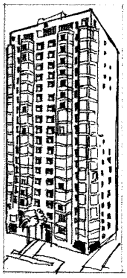
арх.: Ричард Роджерс Партнершип энд Алонсо Балагер арх. Ассошиатс, 32 этажа;

в – Джон Хэнкок Сэнтэр, Чикаго, Иллинойс, США,

арх.: Скидмор, Оувингс энд Меррилл ЛЛП, 100 этажей;

г – Осака Ворлд Трэйд Центр Билдинг, Осака, Япония,

арх.: Никкен Сэккей ЛТД энд Манчини Даффи Эссошиэйтс, 55 этажей



а

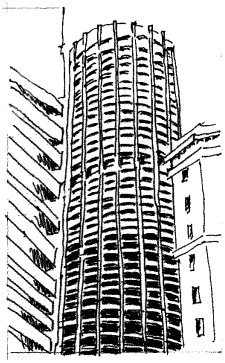


б

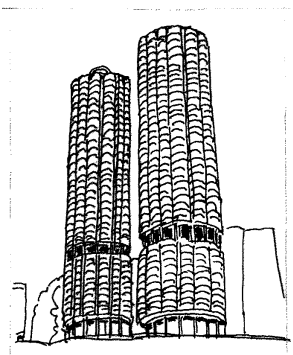
Рисунок А.2 – Примеры объемно-пространственных решений высотных зданий с квадратной формой плана:

а – Ла Тур, Вэствуд, Лос Анджелес, Калифорния, США, арх.: Старкманн Видал Кристенсен; Шепард Нельсон энд Уиллер, 24 этажа;

б – Глориэтта 4/ Оаквуд, Макати, Филиппины, арх.: Архитекчэр Интернешнл ЛТД, 26 этажей



а



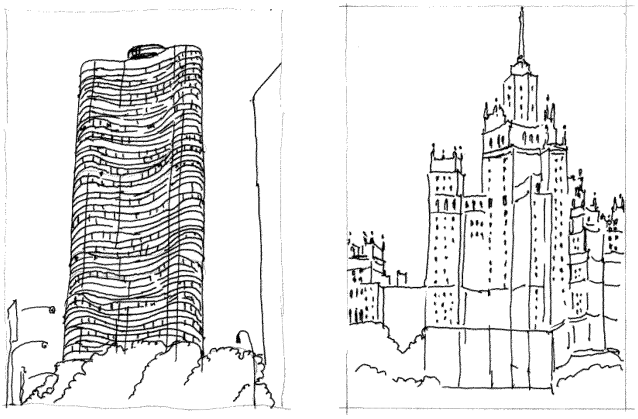
б

Рисунок А.3 – Примеры объемно-пространственных решений высотных зданий с круглой формой плана:

а – Австралия Сквэа, Сидней, Австралия,

арх.: Хэрри Сейдлер энд Эссошиэйтс, 45 этажей;

б – Марина Сити, Чикаго, США, арх.: Бертран Голдберг Эссошиэйтс, 64 этажа



а б

Рисунок А.4 – Примеры объемно-пространственных решений высотных зданий с многолучевой формой плана:

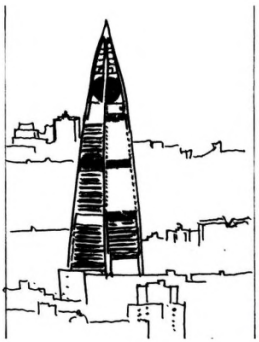
а – Лэйк поинт Тауэр, Чикаго, США,

арх.: Джорж Шиппорейт, Джон С. Хейнрих,

65 этажей;

б – здание на Котельнической набережной, Москва, Россия,

арх.: Д. Чечулин, А. Ростковский, 32 этажа.





а





б

Рисунок А.5 – Пример здания в форме усеченной пирамиды:

а – Аль Фейзалия, Риядх, Саудовская Аравия,

арх.: Фостер энд Партнерс, 40 этажей;

б – Трансамерика Корпорэйт Хэдквотэрс, Сан-Франциско, Калифорния,

США, арх.: Уильям Л. Перейра Эссошиэйтс, 48 этажей.





а





б

Рисунок А.6 – Пример здания ступенчатой формы:

а – Главное здание МГУ, Москва, Россия,

арх.: Руднев Л.В., Чернышов С., Абросимов П., Хряков А., 36 этажей;

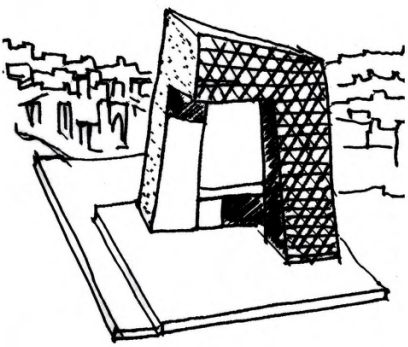
б – здание на Котельнической набережной, Москва, Россия,

арх.: Д. Чечулин, А. Ростковский, 32 этажа





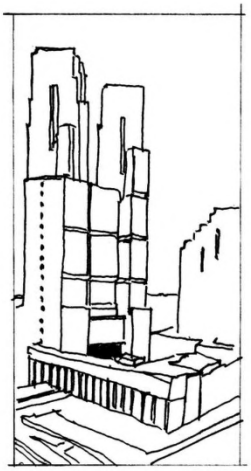
а





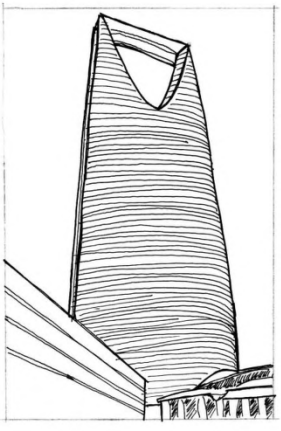
б

Рисунок А.7 – Пример разделения здания на два объема:
а – Умеда Скай Билдинг, Осака, Япония, арх.: Хироши Хаара Ателье, 100 этажей;
б – Штаб-квартира Центрального китайского телевидения в Пекине, Пекин, Китай, арх.: Рем Колхас, Оле Ширен, 56 этажей





а





б

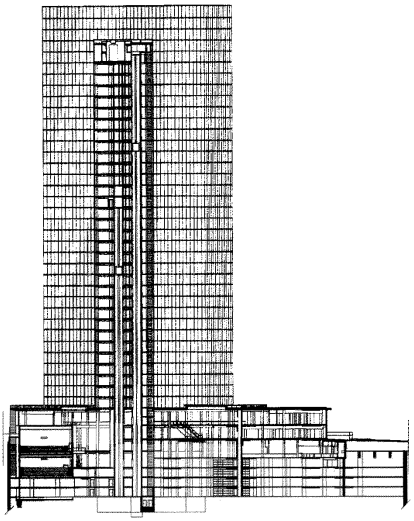
Рисунок А.8 – Пример разделения верха здания:

а – Токио Сити Холл, Токио, Япония, арх.: Кензо Танге энд Эссошиэйтс, 48 этажей;

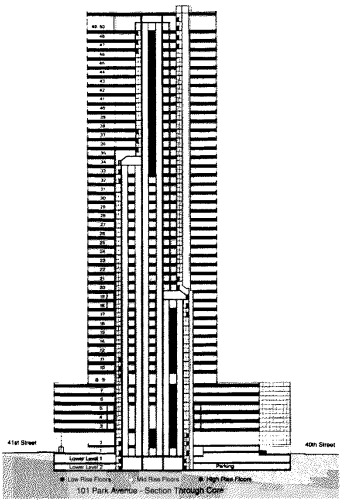
б – Киндом Центр, Рияд, Саудовская Аравия, арх.: Консорциум Эллерб Беккет, Инк., Минеаполис и Ормания энд Эссошиэйтс, 38 этажей

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Примеры размещения зальных помещений в высотном здании



а



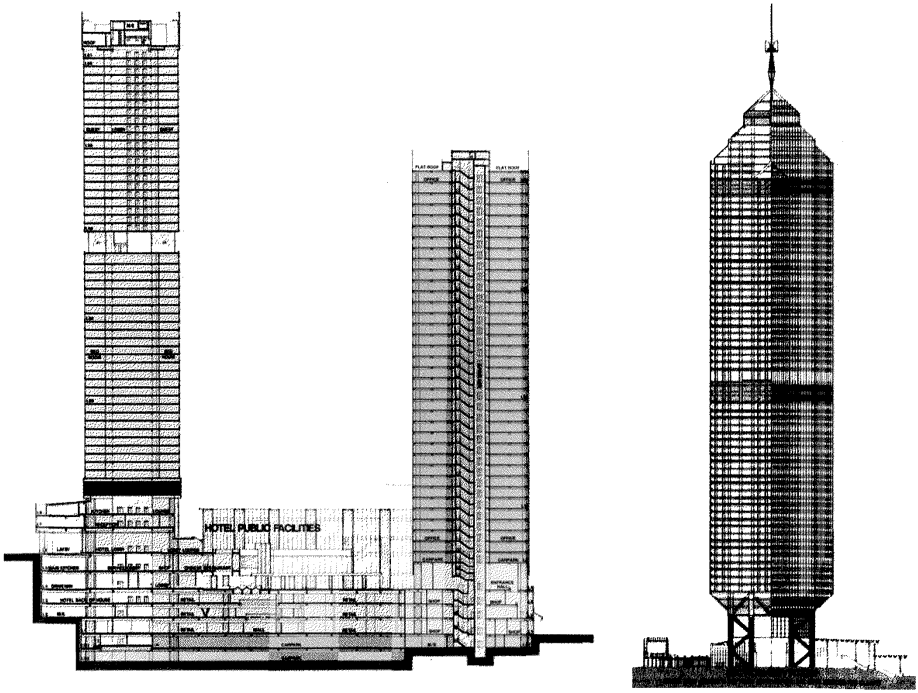
б

Рисунок Б.1 – Пример размещения зальных помещений в стилобате и нижней части высотного здания:

а – Виен Твин Тауэр, Вена, Австрия. арх.: Массимильяно Фуксас, 34 – 37 этажей;

б – 101 Парк Авеню, Нью Йорк, шт. Нью Йорк, США,

арх.: Эли Аттиа Акитэктс, 50 этажей



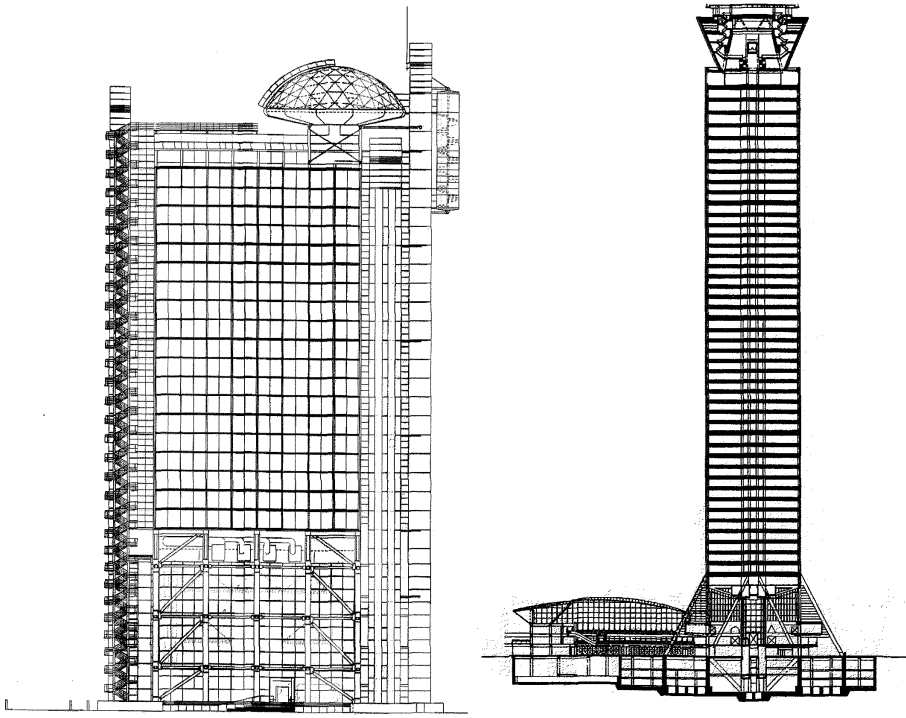
а б

Рисунок Б.2 – Пример размещения зальных помещений в стилобате, нижней и средней частях высотного здания:

а – Пасифик Плэйс, Гонконг, Китай, арх.: Вонг энд Оуянг (ЭйчКей) Лтд, 36 – 56 этажей;

б – Сэнтр, Гонконг, Китай,

арх.: Дэннис Лау энд Нг Чун Ман Акитектс энд Инжиниэс (Эйч Кей) Лтд, 73 этажа

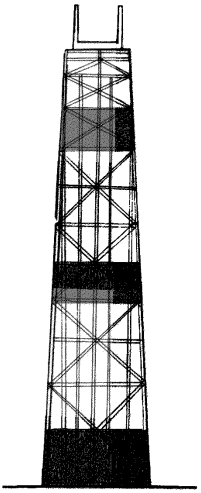


а б

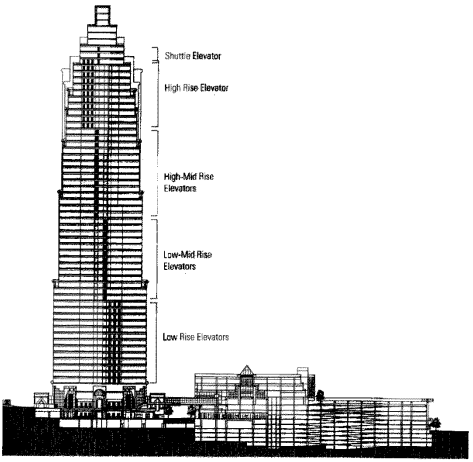
Рисунок Б.3 – Пример размещения зальных помещений в стилобате, нижней и верхней частях высотного здания:

а – Хесперия Хотэл, Барселона, Испания, арх.: Ричард Роджерс Партнершип энд Алонсо Балагер Арх. Ассошиатс, 32 этажа;

б – Осака Ворлд Трэйд Центр Билдинг, Осака, Япония, арх.: Никкен Сэккей ЛТД энд Манчини Даффи Эссошиэйтс, 55 этажей



а



б

Рисунок Б.4 – Пример размещения зальных помещений в стилобате, нижней, средней и верхней частях высотного здания:

а – Джон Хэнкок Сэнтэр, Чикаго, Иллинойс, США,

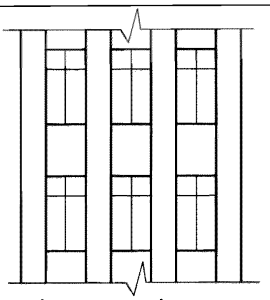
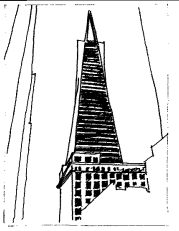
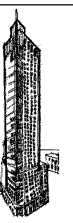
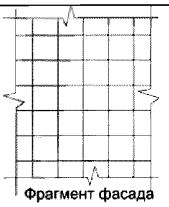
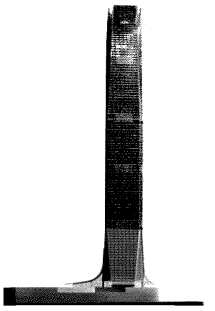
арх.: Скидмор, Оувингс энд Меррилл ЛЛП, 100 этажей;

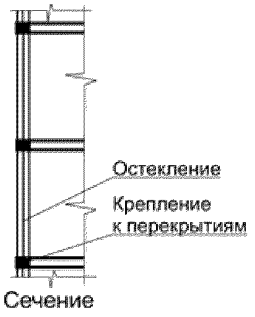
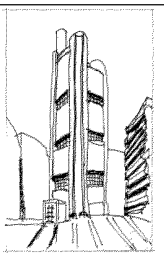
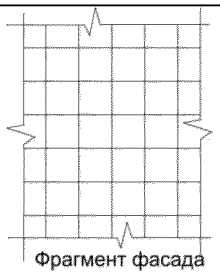
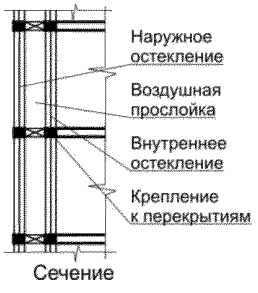
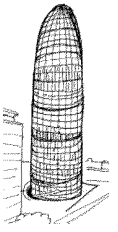
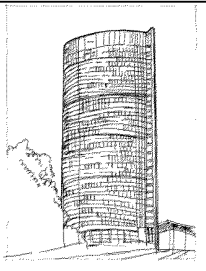
б – Сан Траст Плаза, Атланта, Джорджия, США,

арх.: Джон Портман энд Эссошиэйтс, 60 этажей

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Примеры применения фасадных систем

Решение фасада	Схема внешнего вида фасада и сечения	Пример	Наименование объекта
Устройство окон в наружных стенах. Выполняется, как правило, с применением навесных фасадных систем с воздушным зазором.	 		Винаторен, Ротердам, Нидерланды. Арх.: Клюндер Акитекчен. 34 этажа.
			Трансамерика Корпорэйт Хэдквотэрс, Сан-Франциско, Калифорния, США. Арх.: Уильям Л. Перейра Эссошиэйтс. 48 этажей.
			Бристол, Чикаго, шт. Иллинойс, США. Арх.: Соломон Кордуэлл Буэнс & Эссошиэйтс Инк.,42 этажа.
С устройством сплошного остекления. Выполняется с применением навесных светопрозрачных фасадных систем			Ковлун Стэйшн Тауэр, Гонконг, Китай. Арх.: Уильям Педерсен/ Кон Педерсен Фокс Эссошиэйтс, 108 этажей.

Решение фасада	Схема внешнего вида фасада и сечения	Пример	Наименование объекта
			Коммерцбанк, Франкфурт на Майне, Германия. Арх.: Фостер энд Партнэрс, 53 этажа
С устройством дополнительного наружного остекления, называемого «двойным фасадом». Выполняется с применением навесных светопрозрачных фасадных систем. Во внутреннем слое может использоваться навесная фасадная система с воздушным зазором.	 		Торэ Агбар, Барселона, Испания. Арх.: Ателье Жан Нувель + би 720 Акитектос, 31 этаж
			Дойче Пост АГ, Бонн, Германия. Арх.: Мерфи / Джан Инк. Акитектс, 44 этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Примеры применения эксплуатируемых крыш для высотных зданий

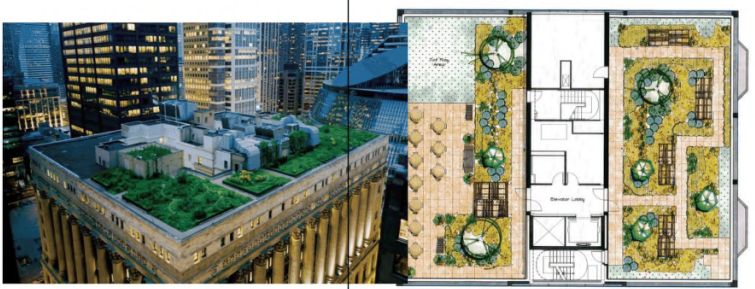


Рисунок Г.1 – Пример размещения сада на кровле высотного здания

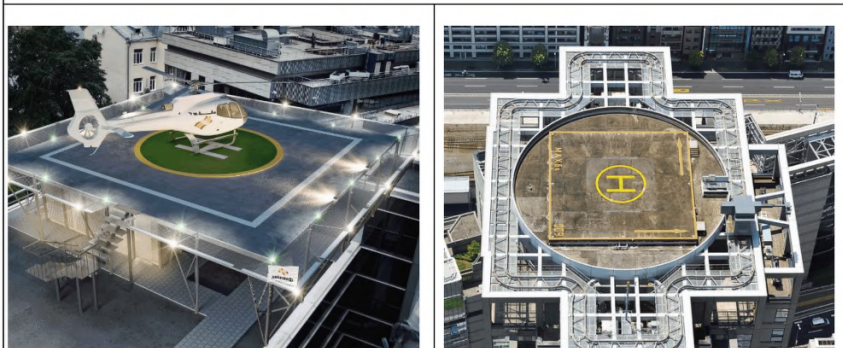


Рисунок Г.2 – Пример размещения вертолетной площадки на кровле высотного здания





Рисунок Г.3 – Пример размещения ресторана на кровле высотного здания



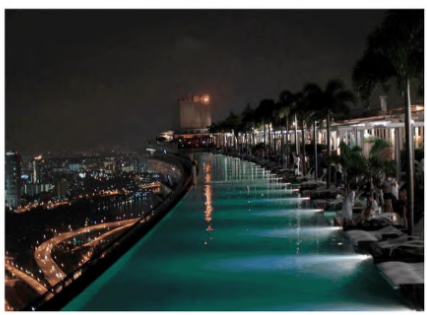
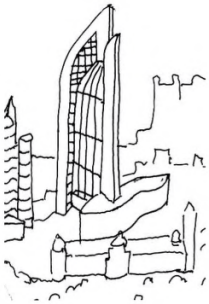


Рисунок Г.4 – Пример размещения бассейна на кровле высотного здания

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Примеры устройства атриумов в высотных зданиях



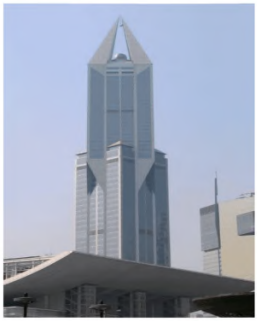


Рисунок Д.1 – Пример отдельного атриума, примыкающего к одной стороне здания. Санджойс Томорроу Плаза, Шанхай, Китай, арх.: Хельмут, Обата + Кассабаум Инк., 55 этажей

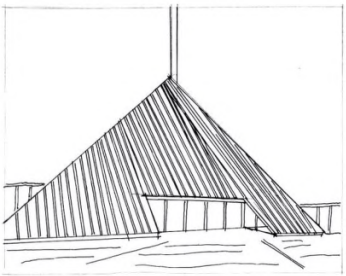




Рисунок Д.2 – Пример примыкания атриума к двум частям здания или между двумя зданиями, Пензоил Плэйс, Хьюстон, Техас, США, арх.: Филип Джонсон /Джон Берджи, 36 этажей

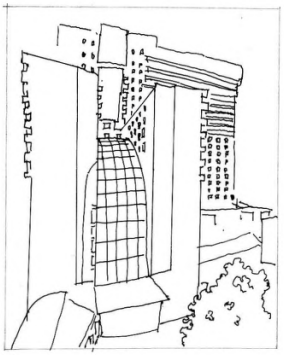


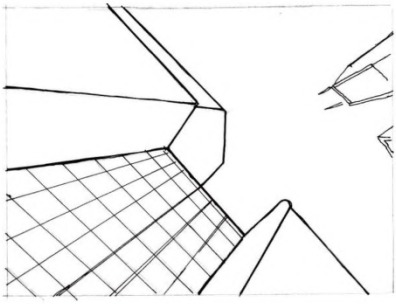


Рисунок Д.3 – Пример примыкания атриума к трем сторонам здания,
Амари Атриум Отель, Банкок, Тайланд, 22 этажа





Рисунок Д.4 – Пример примыкания атриума сверху здания,
Цзин Мао Тауэр, Шанхай, Китай,
арх.: Скидмор, Оувингс & Меррилл ЛЛП, 88 этажей



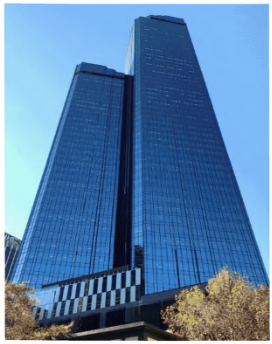


Рисунок Д.5 – Пример атриума, расположенного между двумя объемами здания, Риальто Тауэрс, Мельбурн, Австралия, арх.: Перро Лион Матейсон Пти Лтд, Жерард де Прю & Партнерс, 63 этажа





Рисунок Д.6 – Пример атриума, расположенного между тремя частями здания или между зданиями, Чейз Тауэр (Бэнк Уан Плаза), Чикаго, Иллинойс, США, арх.: С.Ф. Мерфи Эссошиэйтс, Перкинс & Уилл, 60 этажей





Рисунок Д.7 – Пример атриума, расположенного в подиуме высотного здания, 590 Мэдисон Авеню, Нью Йорк, США,
арх.: Эдвард Лараби Барнс Эссошиэйтс, 41 этаж

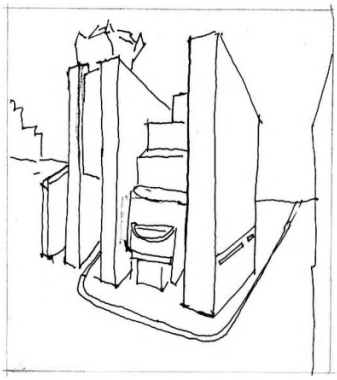




Рисунок Д.8 – Пример нескольких атриумов, расположенных в разных по высоте частях здания, Нью Йорк Марриотт Маркис, Нью Йорк, США,
арх.: Джон Портман & Эссошиэйтс, 56 этажей

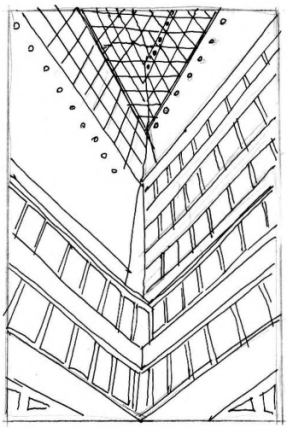




Рисунок Д.9 – Пример атриума на всю высоту здания,
Коммерцбанк, Франкфурт на Майне, Германия,
арх.: Фостер энд Партнэрс, 53 этажа

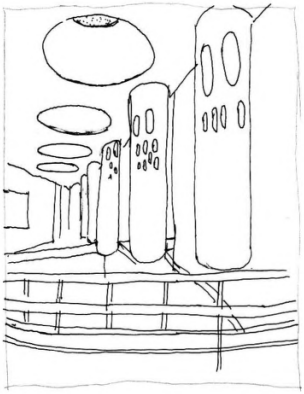




Рисунок Д.10 – Пример атриума расположенного в подиуме,
Коллинс Плэйс, Мельбурн, Австралия,
арх.: Я.М.Пэй & Партнерс, Бэйтс, Смарт и Мак Катчен Пти Лтд, 50 этажей

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Примеры устройства стоянок автомобилей в высотных зданиях



а



б

Рисунок Е.1 – Пример размещения автостоянки в подземном уровне,
а – Коламбия Сиферст Сэнтэр, Сиэтл, шт. Вашигтон, США,
арх.: Честер Л.Линдсей Архитектс,76 этажей,
б – ЖК Символ, Донстрой.



Рисунок Е.2 – Пример размещения автостоянки в первых этажах,
Джи Эр Сентрал Тауэрс, Нагоя, Япония,
арх.: Кон Педерсен Фокс Эссошиэйтс ПиСи, 59 этажей



Рисунок Е.3 – Пример размещения автостоянки в нижней части высотного объема, Джон Хэнкок Сэнтэр, Чикаго, Иллинойс, США,

арх.: Скидмор, Оувингс энд Меррилл ЛЛП, 100 этажей

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Примеры устройства лестнично-лифтовых узлов в высотных зданиях

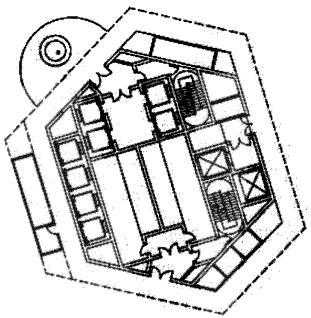


Рисунок Ж.1 – Пример раздельного размещения лестничных клеток, башня Федерация, Москва, Россия, арх.: НПС Чобан Восс, 93 этажа

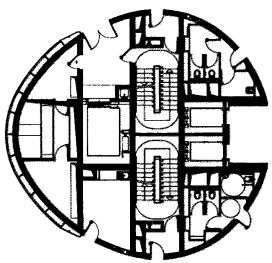


Рисунок Ж.2 – Пример смежного размещения лестничных клеток, Торре Агбар, Барселона, Испания

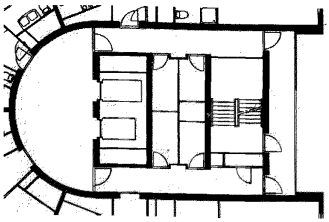


Рисунок Ж.3 – Пример смежного размещения лестничных клеток,
Винаторен, Ротердам, Нидерланды, арх.: Клюндер Акитекчен, 34 этажа

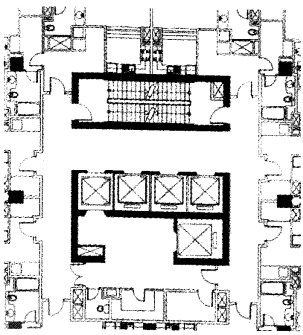


Рисунок Ж.4 – Пример совмещенного размещения лестничных клеток,
Глориэтта 4/ Оаквуд, Макати, Филиппины,
Арх.: Архитекчур Интернешнл, ЛТД, 26 этажей

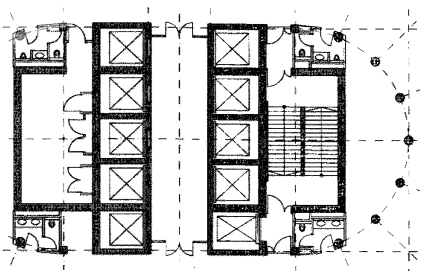


Рисунок Ж.5 – Пример совмещенного размещения лестничных клеток,
Миллениум Тауэр, Вена, Австрия,
арх.: ЭйТиПи Акитектс; Пейшл, Подрекка, Уэбер, 50 этажей

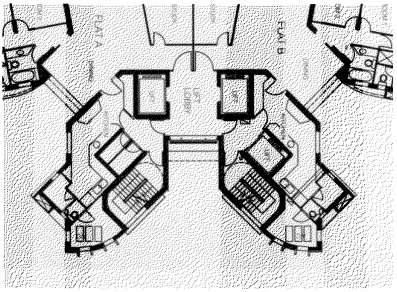


Рисунок Ж.6 – Пример раздельного размещения лестничных клеток в отдельных объемах, Ридженс Ройал, Гонконг, Китай, арх.: Дэннис Лау энд Нг Чун Ман Акитектс энд Энжиниирс (Эйч Кей) Лтд., 39 этажей

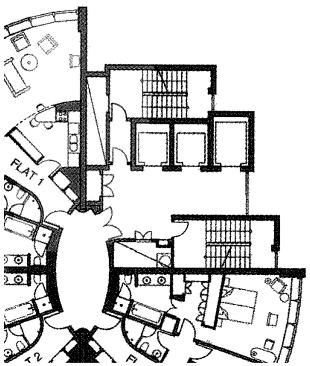


Рисунок Ж.7 – Пример раздельного размещения лестничных клеток в отдельных объемах,
Элит Резиденс, Стамбул, Турция, арх.: БСБ Архитектс, Лондон, 39 этажей

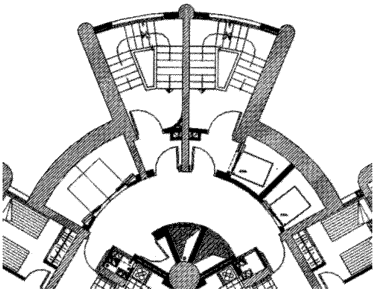


Рисунок Ж.8 – Пример смежного размещения лестничных клеток,
Негури Гейн, Аликантэ, Бенидорм, Испания, арх.: Перес-Гуэрас Инженерос
энд Акитектс Асоциадос С.Л., 43 этажа.

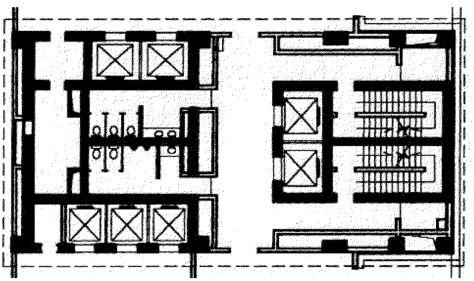


Рисунок Ж.9 – Пример смежного размещения лестничных клеток,
Вейхай Ситик Файнэншл Билдинг, Вейхай, Китай,
арх.: Акитекчур Дизайн Министри оф Констракшн, 39 этажей

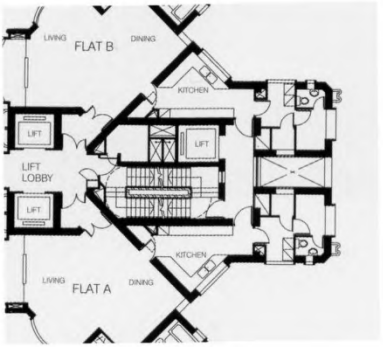


Рисунок Ж.10 – Пример совмещенного размещения лестничных клеток, Ройал Павилион, Шанхай, Китай, арх.: Дэннис Лау энд Нг Чун Ман Акитектс энд Энжиниирс (Эйч Кей) Лтд, 39 этажей

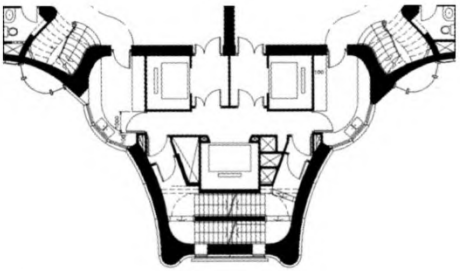


Рисунок Ж.11 – Пример совмещенного размещения лестничных клеток, Саммит, Гонконг, Китай, арх.: Дэннис Лау энд Нг Чун Ман Акитектс энд Энжиниирс (Эйч Кей) Лтд., 69 этажей.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Последовательность создания расчетной модели высотного здания



ПРИЛОЖЕНИЕ К

Методика и пример прочностного расчета НФС

К.1 Общие положения

Прочностные расчеты включают статический расчет прочности и деформации (жесткости) несущих конструкций, а в ряде случаев и элементов облицовки, навесной фасадной системы на действие вертикальных нагрузок от веса всех или части ее элементов и горизонтальных нагрузок от давления ветра, а также стыковых соединений элементов конструкций между собой и с базовой конструкцией здания. В отдельных случаях, диктуемых спецификой конструктивных особенностей фасадной системы, производится ее расчет на температурные воздействия, обусловливаемые сезонными изменениями температуры наружного воздуха.

Основными исходными данными для прочностных расчетов являются:

- район строительства и высота здания или той его части, до которой применяется фасадная система, для учета интенсивности ветровых нагрузок;

- материалы, применяемые для несущих конструкций: алюминиевые сплавы, коррозионностойкая и оцинкованная сталь и др.;

- материалы, применяемые для облицовки: гранит, мрамор, керамогранит, легкие металлические кассеты и др.;

- особенности конструктивной системы, например, с горизонтальными и вертикальными или только вертикальными направляющими; последовательность их соединений между собой, с несущими кронштейнами и с базовой стеной здания;

- типы сечения несущих профилей, шаги кронштейнов с варьированием по вертикали и горизонтали;

- конструкции узловых соединений.

К.2 Нагрузки и воздействия

Нагрузки от собственной массы облицовочных плит, кассет и несущих профилей принимаются по проекту (допускается в ряде случаев пренебрегать на усмотрение расчетчика собственной массой тонкостенных профилей).

Временные нагрузки от воздействия ветра принимаются по СП 20.1330, при этом следует учитывать как среднюю w_m, так и пульсационную w_p составляющую ветрового давления, а также повышение для узлов крепления средней составляющей на 90%, согласно рекомендациям ЦНИИСК, регламентированным письмом №1-945 от 14.11.2001 г.

Эти дополнительные воздействия могут учитываться умножением средней составляющей w_m на коэффициенты γ_p и γ_m , где

$$\gamma_p = (w_m + w_p) / w_m, \text{ а } \gamma_m = 1 + 0{,}2 = 1{,}2.$$

При этом для наветренной поверхности здания значения γ_p определяются расчетом по СП 20.13330 и составляют в среднем γ_p = 1,5; для подветренной поверхности этот коэффициент принимается постоянным γ_p = 1,3. Постоянным также является коэффициент γ_m = 1,2.

В соответствии с пп.1.2; 1.3 СП 20.13330 основными характеристиками нагрузок являются их нормативные значения. Расчетное значение нагрузки определяется как произведение ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке γ_f. Для элементов конструкций и соединений НФС этот коэффициент принимается: при расчете по прочности $\gamma_f > 1$, при расчете по деформациям $\gamma_f = 1$.

К.3 Расчетные схемы

Большое разнообразие конструкций навесных фасадных систем обусловливает и разнообразие расчетных схем. Оно дополняется необходимостью учета знакопеременности давления ветра с наветренной и подветренной сторон, а также его различной интенсивностью в угловых и средних зонах фасада.

В расчетах принята унифицированная система координатных осей:

ось X – горизонтальная в плоскости стены;

ось Y – горизонтальная по нормам к стене;

ось Z – вертикальная в плоскости стены.

Работа отдельных несущих элементов каркаса характеризуется следующими расчетными схемами и сочетаниями нагрузок и усилий (рисунки К.1–К.4):

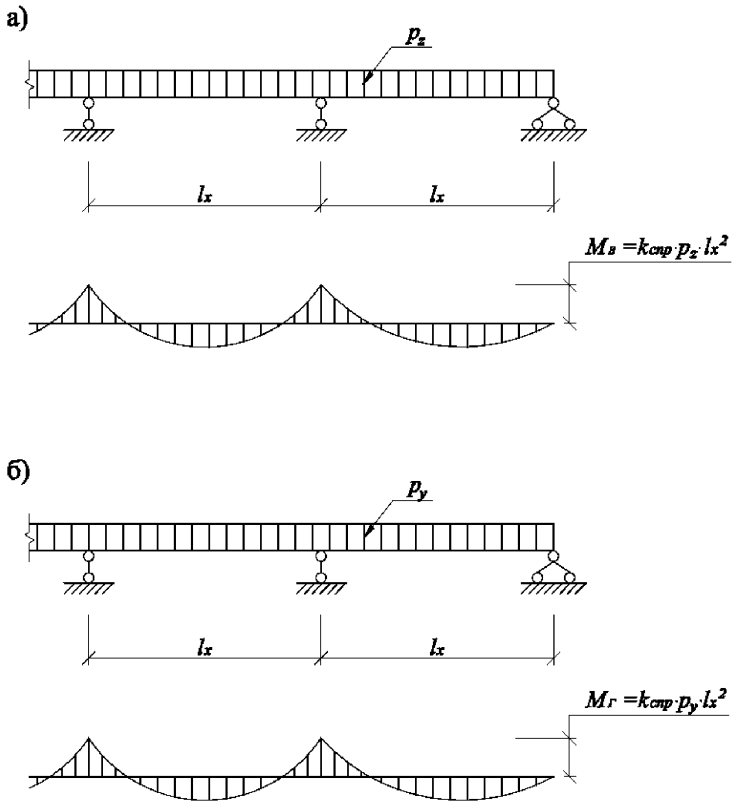


Рисунок К.1 – Расчетные схемы горизонтальных профилей:
а – на вертикальные нагрузки; б – на горизонтальные ветровые нагрузки

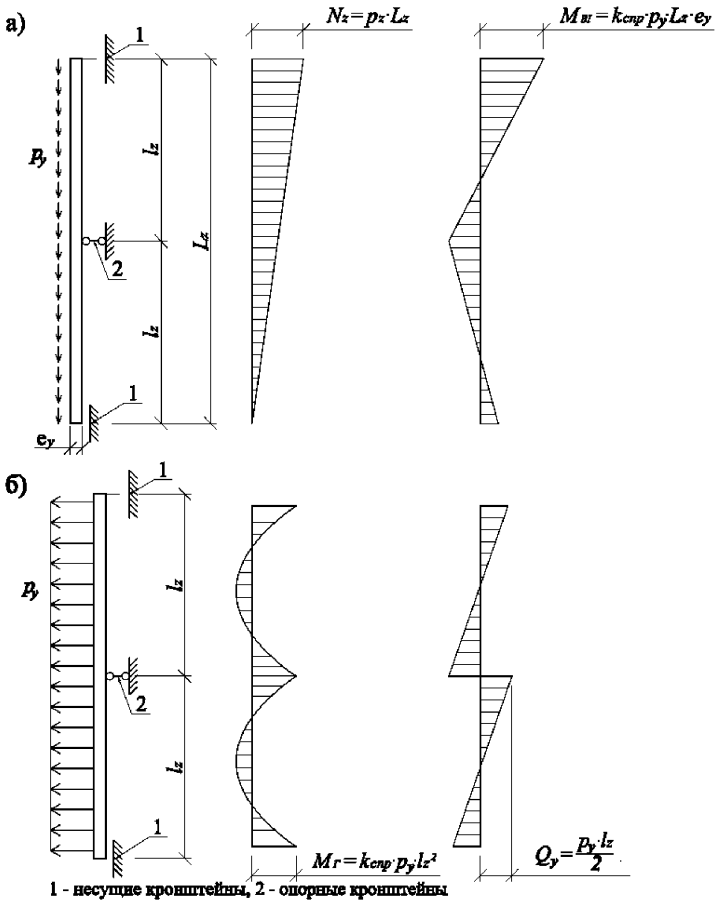


Рисунок К.2 – Расчетные схемы вертикальных профилей:
а – на вертикальные нагрузки; б – на ветровые нагрузки

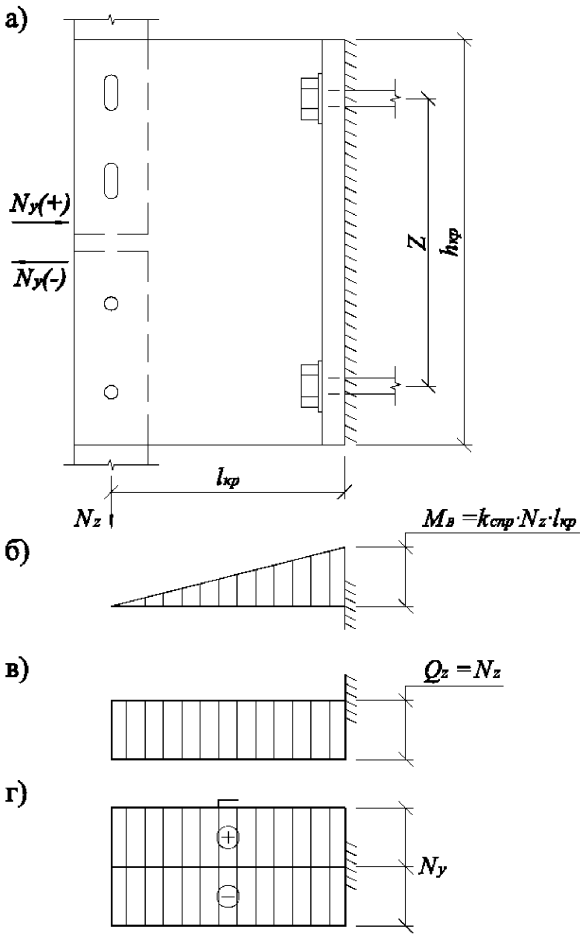


Рисунок К.3 – Расчетная схема несущего кронштейна:

а – схема приложения усилий; б, в, г – эпюры *M*, *Q* и *N*.

Знаки (±) при *Ny* соответствуют направлению ветра к фасаду и от фасада

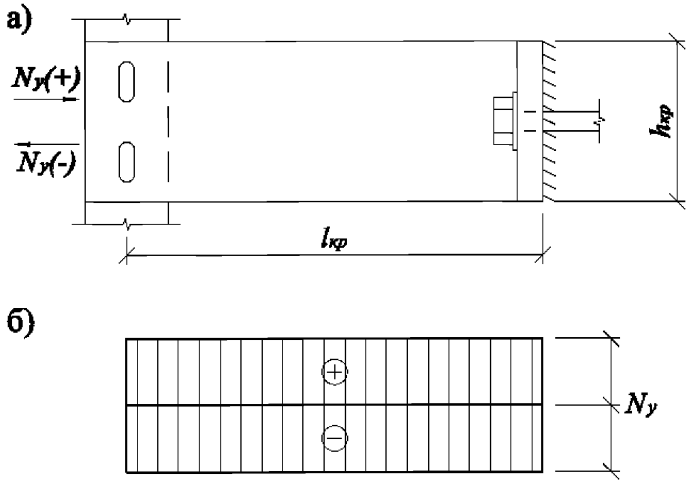


Рисунок К.4 – Расчетная схема опорного (вспомогательного) кронштейна;
а – схема приложения ветровой нагрузки; б – эпюры усилий *Ny*
Знаки (±) при *Ny* соответствуют направлению ветра к фасаду и от фасада

- горизонтальные направляющие работают на изгиб по балочной схеме в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: XOZ – от вертикальных нагрузок и XOY – от ветровых нагрузок;

- вертикальные направляющие работают на растяжение в направлении оси Z от вертикальных нагрузок, а при необходимости учета температурных усилий дополнительно на растяжение-сжатие в зависимости от времени года, а также на изгиб в плоскости YOZ от ветровых нагрузок;

- кронштейны работают в плоскости YOZ; при этом основные несущие кронштейны – на изгиб от вертикальных нагрузок по принципу консоли, с растяже-

нием в подветренных и сжатием в наветренных зонах фасада – от горизонтальной ветровой нагрузки; вспомогательные кронштейны – только на растяжение или сжатие от ветровой нагрузки.

Элементы облицовок – плиты и кассеты, как правило, не требуют расчета в их плоскости (XOZ), находясь под нагрузкой лишь от собственного веса. На действие горизонтальных ветровых нагрузок в направлении оси Y расчет требуется производить, главным образом, для легкопанельных облицовок; в отдельных случаях расчет может быть необходим и для облицовок из камня. В качестве расчетных схем возможны одно- или многопролетные пластины (плиты), шарнирно или с защемлением опертые по двум, трем или четырем сторонам на горизонтальные и (или) вертикальные несущие профили.

Узловые соединения профилей между собой и с базовой стеной здания работают на растяжение, сжатие, изгиб и срез в различных сочетаниях, от совместного действия вертикальных, горизонтальных нагрузок и при необходимости от температурных усилий. Одним из наиболее ответственных узловых соединений является соединение кронштейнов со стеной, которое должно обеспечивать прочность крепления анкерных болтов, заделываемых в стену; необходимый коэффициент запаса против вырыва анкеров из стены регламентируется [25].

К.4 Расчетные формулы

Усилия: изгибающие моменты, поперечные и продольные силы определяются с использованием основных положений и формул сопротивления материалов и строительной механики [26] .

В частности, для определения усилий в неразрезных и защемленных на опорах балочных конструкций НФС, а также в плитах (пластинах), работающих в двух направлениях, применяются комбинации из элементарных формул с введением в них справочных (табличных) коэффициентов «К» спр. [26], соответствующих принятой расчетной схеме.

Усилия, в зависимости от нагрузок, также подразделяются на нормативные и расчетные и используются по тем же правилам, что и нагрузки (см. п.2).

При проверке прочности элементов конструкций НФС используются формулы СП 20.13330

Вид воздействия	№№ формул ( ) и СП	
Осевое растяжение, сжатие, смятие	(1) СП 128.13330	(5) СП 16.13330
Изгиб в одной плоскости	(20) —"—	(28) —"—
Изгиб в двух плоскостях	(28) —"—	(38) —"—
Осевая сила с изгибом	(29) —"—	(50) —"—
Сдвиг при изгибе	(21) —"—	(29) —"—

При проверке прочности болтовых и заклепочных соединений НФС используются формулы СП 20.13330

Вид воздействия	№№ формул ( ) и СП	
Срез	(73) СП 128.13330	(127) СП 16.13330
Смятие	(74) —"—	(128) —"—
Растяжение	(75) —"—	(129) —"—

Прогибы (перемещения) элементов конструкций НФС рассчитываются по известным формулам [60] от действия нормативных нагрузок и усилий с учетом принятой расчетной схемы.

При расчетах прочности и деформаций коэффициент надежности по назначению γ_n принимается как функция высоты здания по СП 20.13330, γ_n>1.1

К.5 Характеристики материалов

Физико-механические характеристики материалов профилей, их соединений и крепежных элементов принимаются по СП 128.13330, СП 16.13330, а в случае предоставления обоснованных показателей – по данным Производителя или Заказчика.

Коэффициенты условий работы элементов и соединений алюминиевых конструкций в соответствии с СП 128.13330 принимаются γ_c =1.

Расчетные сопротивления элементов НФС, выполняемых из коррозионностойкой или оцинкованной стали, принимаются по табл. 51*, а болтовых и заклепочных соединений – по СП 16.13330.

Коэффициенты условий работы элементов стальных конструкций НФС в соответствии с СП 16.13330 принимаются $\gamma_c = 1$, а болтовых и заклепочных соединений в соответствии $\gamma_в = 0{,}8–0{,}9$.

К.6. Расчет несущих конструкций навесной фасадной системы с воздушным зазором

Исходные данные

Район строительства – г. Москва. Высота здания H = 75,0 м. Несущие конструкции – из коррозионностойкой стали толщиной 1,5–2,0 мм. Соединения на стальных заклепках и болтах. Облицовка производится плитами из натурального гранита плотностью $\gamma = 2800$ кг/м^3, толщиной $\delta = 30{,}0$ мм (рисунок Г.5).

Методические предпосылки

Нагрузки от собственной массы конструкций и облицовок принимаются по проекту. Временные нагрузки от ветра принимаются по СП 20.13330 с дополнительными коэффициентами, учитывающими пульсационную составляющую γ_p и повышение средней составляющей γ_m для узлов крепления, регламентированными письмом ЦНИИСКа № 1-945 от 14.11.2001 г.

Усилия: изгибающие моменты; поперечные и продольные силы; прогибы определяются с использованием основных положений сопротивления материалов и строительной механики [60].

При проверке прочности и деформаций элементов и стыковых соединений коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f, а также единый коэффициент надежности по назначению $\gamma_n = 0{,}95$ принимаются по СП 20.13330.

Приняты обозначения:

$M_В$ – изгибающий момент от вертикальной нагрузки;

$M_Г$ – то же от горизонтальной;

e (edge) – для угловых зон; *c* (centre) – для средних зон;

$k_{спр}$ – справочные коэффициенты [60].

Характеристики материалов

Расчетные сопротивления коррозионностойкой стали по СП 128.13330 (МПа): на растяжение, сжатие и изгиб R_y = 230; на сдвиг R_s = 133; на смятие R_{lp} = 175; модуль упругости $E = 2{,}1 \cdot 10^5$. Коэффициент условий работы γ_c =1,0.

Расчетные сопротивления стальных анкеров, болтов и заклепок по СП 128.13330 (МПа): на растяжение R_{bt} = 170; на срез R_{bs} = 150; на смятие R_{bp} = 235. Коэффициент условий работы на срез и смятие γ_b = 0,8.

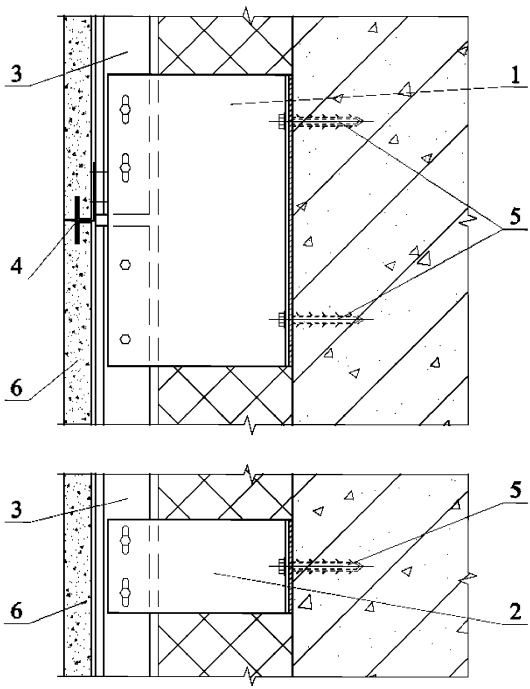


Рисунок К.5 – Общий вид узлов крепления системы:
1 – несущий кронштейн, 2 – опорный кронштейн, 3 – вертикальный профиль,
– горизонтальный профиль, 5 – анкер, 6 – облицовочный камень

Расчетные схемы

Направления координатных осей приняты:

- ось X – горизонтальная в плоскости стены;

- ось Y – горизонтальная по нормали к стене;

- ось Z – вертикальная в плоскости стены.

Расчетная схема горизонтальных профилей – многопролетная балка, неразрезная на средних опорах и шарнирно закрепленная на крайних опорах (рисунок К.6). Шаги профиля по вертикали l_z = 0,6м, пролеты по горизонтали l_x = 0,6м. К профилю приложения вертикальная нагрузка от облицовочных плит и горизонтальная ветровая нагрузка.

Расчетная схема вертикальных профилей – двухпролетная балка, жестко защемленная на верхней опоре и подвижно защемленная на остальных опорах (рисунок К.7). Шаги профилей в направлении оси X l_x = 0,6м; пролеты в направлении оси Z l_z =1,25 м, общая длина профиля L_z = 2,5 м. К профилю приложена вертикальная нагрузка от облицовочных плит с эксцентриситетом относительно его центра тяжести e_y = 46 мм и горизонтальная ветровая нагрузка.

Расчетная схема несущих кронштейнов – консольная балка (рисунок К.8), прикрепляемая к стене двумя анкерными болтами с дюбелями. Кронштейн воспринимает нагрузку от вертикального профиля: вертикальную с плечом $l_{кр}$ и горизонтальную ветровую.

Опорные (вспомогательные) кронштейны воспринимают только горизонтальную ветровую нагрузку (рисунок К.9).

Заклепочные и болтовые соединения и анкеровка в стене рассчитываются на действие усилий среза, растяжения и вырыва от вертикальной и ветровой нагрузок.

Основные нагрузки

Вертикальные нагрузки от веса облицовочных плит (Па):

- нормативная $q_z^n = \gamma \cdot \delta = 2800 \cdot 0{,}03 \cdot 10^1 = 840$;

- расчетная $q_z = \gamma_f \cdot q_z^n = 1{,}1 \cdot 840 = 924$.

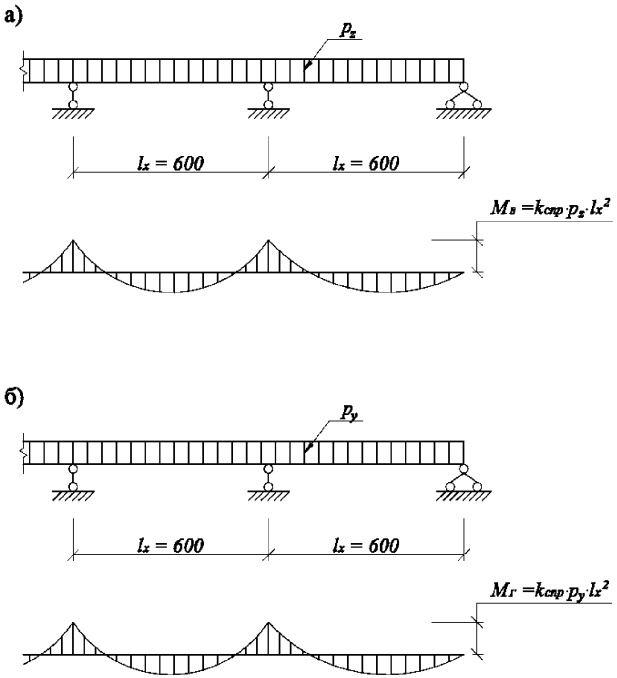


Рисунок К.6 – Расчетные схемы горизонтальных профилей:
а – на вертикальные нагрузки; б – на горизонтальные нагрузки

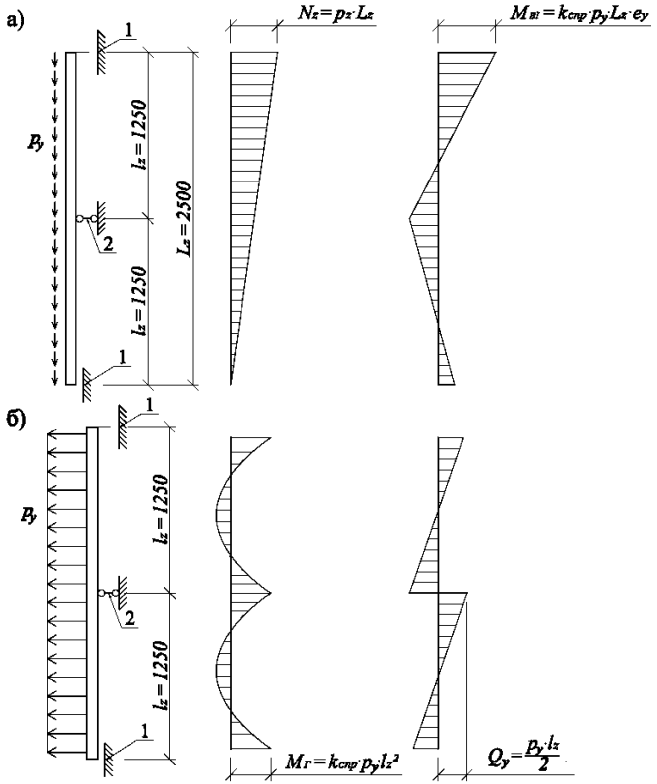


Рисунок К.7 – Расчетные схемы вертикальных профилей:
а – на вертикальные нагрузки; б – на ветровые нагрузки

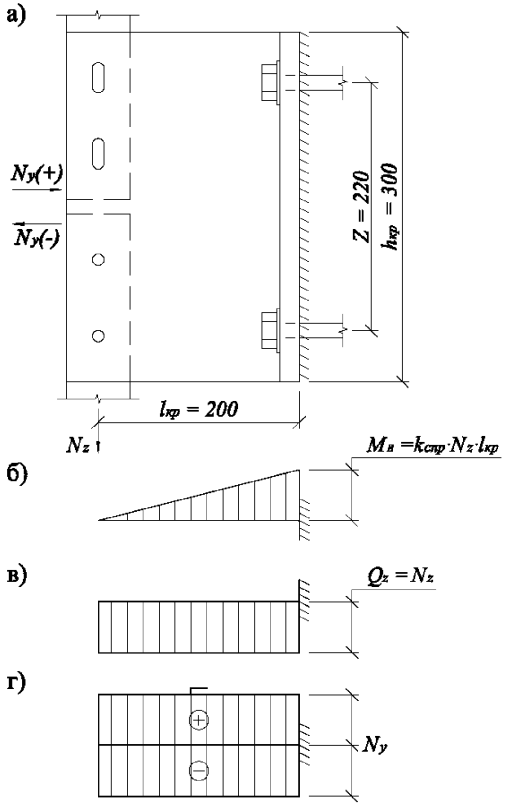


Рисунок К.8 – Расчетная схема несущего кронштейна:

а – схема приложения усилий; б, в, г – эпюры *M*, *Q* и *N*.

Знаки (±) при *Ny* соответствуют направлению ветра к фасаду и от фасада

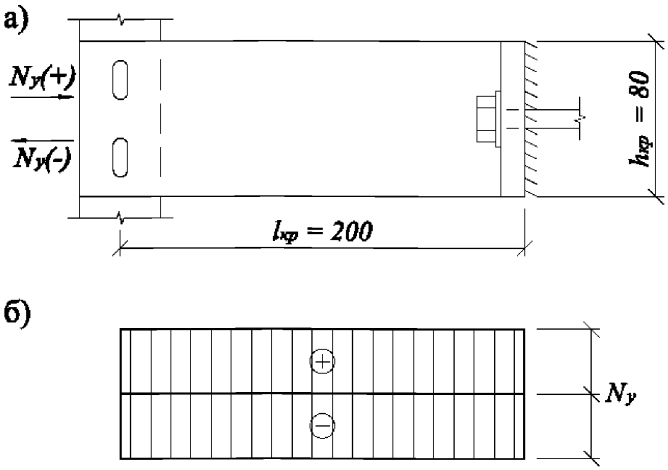


Рисунок К.9 – Расчетная схема опорного (вспомогательного) кронштейна:
а – схема приложения ветровой нагрузки; б – эпюры усилий *Ny*.
Знаки (±) при *Ny* соответствуют направлению ветра к фасаду и от фасада

Горизонтальные ветровые нагрузки:

- нормативное значение ветрового давления для I ветрового района W_0 = 0,23 кПа = 230 Па;

- для зданий высотой 75,0 м, тип местности «В», по СП 20.13330 коэффициент K = 1,42.

Аэродинамические коэффициенты СП 20.13330:

- для угловых зон с подветренной стороны на ширине 1,5 м C_e = [–2];

- на остальной части фасада принимается наибольшая из величин с наветренной и подветренной стороны $C = 0{,}8$.

Коэффициенты $\gamma_p = 1{,}3$ и $\gamma_m = 1{,}2$ (по рекомендации ЦНИИСК, см. п.2.).

С учетом этого горизонтальные ветровые нагрузки (Па):

в угловых зонах:

- нормативная $q_{ye}^{n} = W_o \cdot K \cdot C \cdot \gamma_p = 230 \cdot 1{,}42 \cdot 2 \cdot 1{,}3 = 849$;

- расчетная $q_{ye} = \gamma_f \cdot q_{ye}^{n} = 1{,}4 \cdot 849 = 1189$;

в средней части фасада:

- нормативная $q_{yc}^{n} = 230 \cdot 1{,}42 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}5 = 392$;

- расчетная $q_{yc} = 1{,}4 \cdot 392 = 549$.

Расчет горизонтального профиля

Геометрические характеристики (рисунок К.10, а)

Поперечного сечения: $\delta = 2$ мм; $A = 164$ мм^2. Относительно оси Y: $J_y = 64990$ мм^4; $W_y = 1710$ мм^3; $S_y = 1444$ мм^3; с отверстием под заклепку: $A_n = 151$ мм^2; $J_{yn} = 61740$ мм^4; $W_{yn} = 1624$ мм^3; $S_{yn} = 1372$ мм^3; $t = t_n = \delta = 2$ мм.

Относительно оси Z: $J_z = 3341$ мм^4; $W_z = 183$ мм^3; $S_z = 335$ мм^3; с отверстием $J_{zn} = 3174$ мм^4; $W_{zn} = 174$ мм^3; $S_{zn} = 318$ мм.

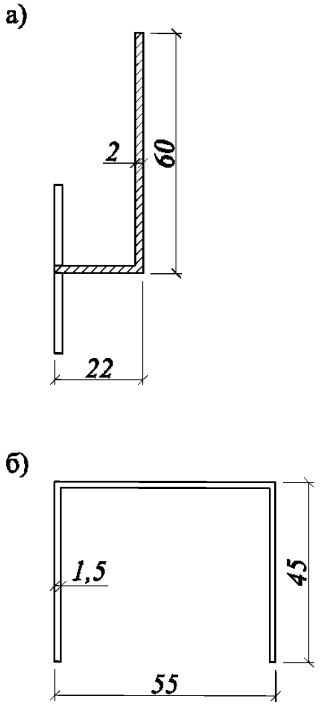


Рисунок К.10 – поперечное сечение несущих профилей^

а – горизонтального; б – вертикального

Нагрузки и усилия

Вертикальные нагрузки от веса облицовочных плит на 1 м длины профиля (Н/м):

- нормативная $p_z^n = q_z^n \cdot l_z = 840 \cdot 0{,}6 = 504$;

- расчетная $p_z = q_z \cdot l_z = 924 \cdot 0{,}6 = 554$.

Нагрузкой от собственного веса профиля пренебрегается.

Горизонтальные ветровые нагрузки на 1 м профиля в угловых зонах (Н/м):

- нормативная $p_{ye}^{\,n} = q_{ye}^{\,n} \cdot l_z = 849 \cdot 0{,}6 = 509$;

- расчетная $p_{ye} = q_{ye} \cdot l_x = 1189 \cdot 0{,}6 = 713$.

Изгибающие моменты в расчетном сечении на опоре (Нм):

- от вертикальной расчетной нагрузки

$M_B = K_{спр.} \cdot p_z \cdot l_x^2 = 0{,}105 \cdot 554 \cdot 0{,}6^2 = 20{,}9$;

- от горизонтальной нагрузки в угловых зонах

$M_{Ге}^{\,n} = K_{спр.} \cdot p_{ye}^{\,n} \cdot l_x^2 = 0{,}105 \cdot 509 \cdot 0{,}6^2 = 19{,}2$;

$M_{Ге} = \gamma_f \cdot M_{Ге}^{\,n} = 1{,}4 \cdot 19{,}2 = 26{,}9$.

Поперечные силы:

$Q_z = p_z \cdot l_x/2 + M_B/l_x = 554 \cdot 0{,}6/2 + 20{,}9/0{,}6 = 201$ Н.

$Q_{ye} = p_{ye} \cdot l_x/2 + M_{Ге}/l_x = 713 \cdot 0{,}6/2 + 27/0{,}6 = 259$ Н.

Проверка прочности

По формуле (38) СП 128.13330 на изгиб в двух ортогональных плоскостях в угловых зонах

$$\left(\frac{M_B}{W_{yn}} + \frac{M_{Ге}}{W_{zn}}\right)\gamma_n = \left(\frac{20{,}9}{1624} + \frac{26{,}9}{174}\right) 10^3 \cdot 0{,}95 = 159 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 230 \text{ МПа};$$

По СП 128.13330 на сдвиг в плоскости УОZ:

$$\tau_z = \frac{Q_z \cdot S_{yn}}{J_{yn} \cdot t} = \frac{201 \cdot 1372}{61740 \cdot 2} = 2{,}2 \text{ МПа};$$

$$\tau_{ye} = \frac{Q_{ye} \cdot S_{zn}}{J_{zn} \cdot t} = \frac{259 \cdot 318}{3174 \cdot 2} = 13{,}0 \text{ МПа; результирующее}$$

$\tau_{z,y} = \sqrt{\tau_z^2 + \tau_{ye}^2 \cdot \gamma_n} = \sqrt{2{,}2^2 + 13^2 \cdot 0{,}95} = 12{,}5$ МПа $< R_s \cdot \gamma_c = 133$ МПа.

Прочность профиля на изгиб и на сдвиг в угловых зонах обеспечивается.

В средних зонах усилия $M_г$ и Q_y меньше, прочность также обеспечивается.

Проверка крепления к вертикальному профилю

Крепление производится двумя ($n_3 = n_s = 2$) стальными заклепками ∅6,4 мм с расчетной площадью сечения одной заклепки $A_3 = 32$ мм^2, работающими на срез от вертикальной и на растяжение от горизонтальной нагрузки.

Вертикальное расчетное усилие $Q_z = q_z \cdot l_x \cdot l_z = 924 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 333$ Н.

Горизонтальное расчетное усилие с учетом коэффициента γ_m (см. п.2):

$N_{y,2} = \gamma_m \cdot q_{ye} \cdot l_x \cdot l_z = 1,2 \cdot 1189 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 514$ Н.

По формуле СП 128.13330 на срез в плоскости XOZ:

$\tau_z = Q_z \cdot \gamma_n / (A_3 \cdot n_s) = 333 \cdot 0,95/(32 \cdot 2) = 4,9$ МПа $< R_{as} \cdot \gamma_s = 150 \cdot 0,8 = 120$ МПа.

По формуле СП 128.13330 на растяжение в угловых зонах:

$\sigma_y = N_{ye,2} \cdot \gamma_n / (A_3 \cdot n_3) = 514 \cdot 0,95/(32 \cdot 2) = 7,6$ МПа $< R_{at} = 170$ МП.

По СП 128.13330 на смятие под заклепками более слабого вертикального профиля:

$\sigma_z = Q_z \cdot \gamma_n / (d_3 \cdot \delta \cdot n_3) = 333 \cdot 0,95/(6,4 \cdot 1,5 \cdot 2) = 16,5$ МПа $< R_{lp} \cdot \gamma_c = 175$ МПа.

Прочность заклепок на срез и растяжение и профиля на смятие в угловых зонах обеспечивается. В средних зонах усилия меньше, прочность также обеспечивается.

Проверка прогиба

Горизонтальный профиль под действием нагрузок прогибается в вертикальном и горизонтальном направлениях.

От вертикальной нормативной нагрузки:

$p_z^n = 840$ Н/м $= 0,84$ Н/мм по формуле [60]

$$f_z = \frac{1}{384} \frac{p_z^n \cdot l_x^4}{E \cdot J_y} \cdot \gamma_n = \frac{1 \cdot 0,84 \cdot 600^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 64990} \cdot 0.95 = 0,02 \text{ мм};$$

$f_z / l_x = 0,02/600 = 1/30000 < [f / l] = 1/200$

От горизонтальной нормативной нагрузки в угловых зонах:

$p_{ye}^{\,n} = 509$ Н/м = 0,51 Н/мм и $M_{re}^{\,n} = 19{,}2$ Н мм по формуле [60]

$$f_{ye} = \frac{l_x^2}{16\,E\,J_z}\left(\frac{5 \cdot p_{ye}^{\,n} \cdot l_x^2}{24} - M_{re}^{\,n}\right) \cdot \gamma_n =$$

$$= \frac{600^2}{16 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 3341}\left(\frac{5 \cdot 0{,}51 \cdot 600^2}{24} - 19200\right) \cdot 0{,}95 = 0{,}61 \text{ мм};$$

$f_{ye} / l_x = 0{,}61/600 = 1/984 < [f / l] = 1/200.$

Жесткость горизонтального профиля в угловых зонах достаточна. В средних зонах усилия от ветровой нагрузки меньше, жесткость также обеспечивается.

Расчет вертикального профиля

Геометрические характеристики (рисунок К.10, б)

Для поперечного сечения (относительно оси Х): $\delta = 1{,}5$ мм; $A = 217$ мм^2; $A_n = 197$ мм^2; $J_x = 49803$ мм^4; $J_{xn} = 47312$ мм^4; $W_x = 1607$ мм^3; $W_{xn} = 1527$ мм^3; $S_{xn} = 1370$ мм^3; $t = t_n = 2\,\delta = 3$ мм.

Нагрузки и усилия

Вертикальная расчетная нагрузка от веса плит на 1,0 м длины профиля, прикладываемая с эксцентриситетом относительно центра тяжести профиля $e_y = 46{,}0$ мм:

$p_z = q_z \cdot l_x = 924 \cdot 0{,}6 = 554$ Н/м.

Нагрузкой от собственного веса профиля пренебрегается.

Горизонтальные нагрузки от ветрового давления на 1 м профиля (Н/м):

в угловых зонах:

- нормативная $p_{ye}^{\,n} = q_{ye}^{\,n} \cdot l_x = 849 \cdot 0{,}6 = 509$;

- расчетная $p_{ye} = q_{ye} \cdot l_x = 1189 \cdot 0{,}6 = 713$.

Изгибающие моменты в расчетном сечении на опоре (Нм):

- от вертикальной нагрузки

$M_В = K_{спр.} \cdot p_z \cdot L_z \cdot e_y = 0,5 \cdot 554 \cdot 2,5 \cdot 0,046 = 31,9$;

- от горизонтальной нагрузки в угловых зонах

$M_{Гe}^{n} = K_{спр.} \cdot p_{ye}^{n} \cdot l_z^2 = 0,083 \cdot 509 \cdot 1,25^2 = 66,3$;

$M_{Гe} = K_{спр.} \cdot p_{ye} \cdot l_z^2 = 0,083 \cdot 713 \cdot 1,25^2 = 92,5$.

Продольное усилие на опоре в сечении с максимальными изгибающими моментами $N_z = p_z \cdot L_z = 554 \cdot 2,5 = 1386$ Н.

Поперечная сила $Q_y = p_{ye} \cdot l_z / 2 = 713 \cdot 1,25/2 = 445,6$ Н.

Проверка прочности

По СП 128.13330 на растяжение с изгибом в угловых зонах:

$$\left(\frac{N_z}{A_n} + \frac{M_В + M_Г}{W_{xn}}\right) \cdot \gamma_n \le R_s \cdot \gamma_c$$

$$\left(\frac{1386}{197} + \frac{(31,9 + 92,5) \cdot 10^3}{1527}\right) \cdot 0,95 = 84,1 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа};$$

прочность на растяжение с изгибом обеспечивается.

По формуле СП 128.13330 на сдвиг:

$$\tau_z = \frac{Q_y \cdot S_{xn}}{J_{xn} \cdot t} \cdot \gamma_n \le R_s \cdot \gamma_c$$

$$\frac{445,6 \cdot 1370}{47312 \cdot 3} \cdot 0,95 = 4,1 \text{ МПа} < 133 \text{ Мпа},$$

прочность на сдвиг обеспечивается.

В средних зонах усилия меньше, прочность на растяжение с изгибом и на сдвиг также обеспечивается.

Проверка крепления к несущему кронштейну

Крепление производится четырьмя ($n_s = 4$) стальными заклепками Ø 6,4 мм с расчетной площадью сечения одной заклепки $A = 32$ мм^2. Расчетные сопротивления по п.3.

Вертикальное усилие среза $Q_z = N_z = 1386$ Н.

Горизонтальное усилие среза в угловых зонах:

$N_{ye,2} = \gamma_m \cdot q_{ye} \cdot l_x \cdot l_z = 1{,}2 \cdot 1189 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}25 = 1070$ Н.

По формуле СП 128.13330 на срез:

$\tau_z = Q_z/(A \cdot n_s) = 1386 / (32 \cdot 4) = 10{,}7$ МПа;

$\tau_y = N_{ye,2}/(A \cdot n_s) = 1070 / (32 \cdot 4) = 8{,}3$ МПа;

$\tau_{z,y} = \sqrt{\tau_z^2 + \tau_y^2 \cdot \gamma_n} = \sqrt{10{,}7^2 + 8{,}3^2 \cdot 0{,}95} = 12{,}9$ МПа $< R_{bs} \cdot \gamma_в = 120$ МПа.

По СП 128.13330 на смятие профиля под заклепками для угловых зон:

$\tau_z = Q_z/(n_s \cdot d \cdot \delta) = 1386/(4 \cdot 6{,}4 \cdot 1{,}5) = 36{,}1$ МПа;

$\tau_y = N_{ye,2}/(n_s \cdot d \cdot \delta) = 1070/(4 \cdot 6{,}4 \cdot 1{,}5) = 27{,}8$ МПа;

$\tau_{z,y} = \sqrt{\tau_z^2 + \tau_y^2 \cdot \gamma_n} = \sqrt{36{,}1^2 + 27{,}8^2 \cdot 0{,}95} = 43{,}3$ МПа $< R_{lp} \cdot \gamma_c = 157$ МПа.

Прочность заклепок на срез и профиля на смятие в угловых зонах обеспечивается. В средних зонах усилия меньше, прочность также обеспечивается.

Проверка прогиба

Вертикальный профиль под действием ветровой нагрузки прогибается в горизонтальном направлении.

По формуле [60] около углов здания при $p_{ye}^n = 509$ Н/м = 0,51 Н/мм

$$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{p_{ye}^n \cdot l_z^4}{E \cdot J_x} \cdot \gamma_n = \frac{1 \cdot 0{,}51 \cdot 1250^4}{384 \cdot 21 \cdot 10^4 \cdot 49803} \cdot 0{,}95 = 0{,}29 \text{ мм};$$

$f/l_z = 0{,}29/1250 = 1/4310$, что меньше предельно допустимой величины $f/l =$ $= 1/200$; жесткость вертикальной направляющей достаточна.

В средней части фасада нагрузки и усилия на профиль от ветрового давления меньше, поэтому жесткость профиля также обеспечивается.

Расчет несущего кронштейна

Геометрические характеристики (рисунок К.11)

Для сплошных вертикальных сечений, параллельных стене, относительно оси «X»:

$B = 300$ мм; $\delta = 1{,}5$ мм; $A = 1{,}5 \cdot 300 \cdot 2 = 900$ мм^2;

Jх = (1,5 · 3003 /12) · 2 = 6750000 мм4; Jхn = 4826100 мм^4;

Wх = (1,5 · 3002 /6) · 2 = 45000 мм^3; Sх = (1,5 · 3002 /8) · 2 = 33750 мм^3;

Sхn = 29460 мм^3; tх = 3 мм.

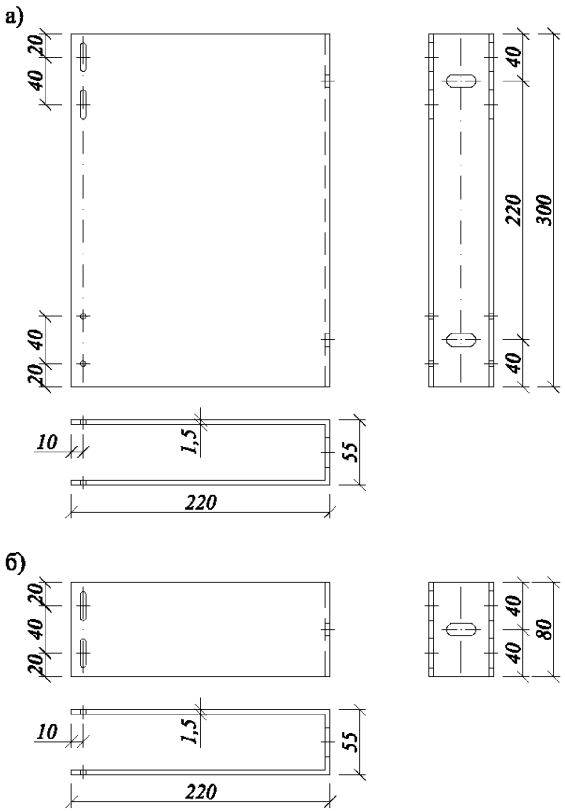


Рисунок К.11 – Кронштейны:

а – несущий; б – опорный

Нагрузки и усилия

Вертикальное усилие от расчетной нагрузки с эксцентриситетом $l_{кр}$ = 200 мм по всему фасаду N_z = 1386 Н.

Изгибающий момент от вертикальной нагрузки:

$M_B = K_{спр} \cdot N_z \cdot l_{кр} = 1 \cdot 1386 \cdot 0{,}2 = 277$ Нм.

Продольная сила от горизонтальной нагрузки в угловых зонах:

$N_{ye} = q_{ye} \cdot l_x \cdot l_z = 1189 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}25 = 892$ Н.

Поперечная сила $Q_z = N_z = 1386$ Н.

Проверка прочности

По СП 128.13330 на изгиб с растяжением

$$\left(\frac{N_{ye}}{A} + \frac{M_B}{W_x}\right) \cdot \gamma_n = \left(\frac{892}{900} + \frac{277 \cdot 10^3}{45000}\right) \cdot 0{,}95 =$$

$= 6{,}8$ МПа $< R_y \cdot \gamma_c = 230$ МПа;

По СП 128.13330 на сдвиг в плоскости XOY:

$$\tau_z = \frac{Q_z \cdot S_x}{J_x \cdot t_x} = \frac{1386 \cdot 29460}{4826100 \cdot 3} \cdot 0{,}95 = 2{,}7 \text{ МПа} < R_S \cdot \gamma_c = 133 \text{ МПа}.$$

Прочность кронштейна на изгиб с растяжением и на сдвиг в угловых зонах обеспечивается.

В средних зонах усилия N_y меньше, прочность также обеспечивается.

Проверка прочности крепления к стене

Крепление производится двумя стальными болтами Ø 12 мм с d_o = 9,7 мм, расчетной площадью сечения одного болта A_o = 74 мм^2. Расчетные сопротивления болтов по. п. 3.

Расстояние между болтами (плечо) Z = 220 мм.

Вертикальное расчетное усилие: Q_z = 1386 Н, число срезов n_s = 2.

Горизонтальное расчетное усилие на кронштейн в угловых зонах:

$N_{ye,2} = \gamma_m \cdot N_{ye} = 1{,}2 \cdot 892 = 1070$ Н,

то же на один болт: $N_{(N)} = N_{ye,2}/2 = 1070/2 = 535$ Н.

Изгибающий момент от расчетной вертикальной нагрузки относительно стены

$M_В = N_z \cdot l_{кр} = 1386 \cdot 0{,}2 = 277$ Нм.

Растягивающее усилие в верхнем болте от момента при плече Z = 220 мм

$N_М = M_В/Z = 277 \cdot 10^3/220 = 1259$ Н.

Суммарное растягивающее усилие в верхнем болте

$N_{ye(1)} = N_М + N_{(N)} = 1259 + 535 = 1794$ Н.

По формуле СП 128.13330 на растяжение

$N_{ye(1)} \cdot \gamma_n / \cdot A_o = 1794 \cdot 0{,}95/74 = 23{,}0$ МПа $\le R_{bt} \cdot \gamma_в = 170 \cdot 1 = 170$ МПа.

по СП 128.13330 на срез

$Q_z \cdot \gamma_n/n_s \cdot A_o = 1386 \cdot 0{,}95/(2 \cdot 74) = 8{,}9$ МПа $< R_s \cdot \gamma_в = 150 \bullet 0{,}8 = 120$ МПа;

по формуле СП 128.13330 на смятие кронштейна

$Q_z \cdot \gamma_n/(n_s \cdot d_o \cdot \delta) = 1386 \cdot 0{,}95/(2 \cdot 9{,}7 \cdot 1{,}5) =$

$= 45{,}3$ МПа $< R_{lp} \cdot \gamma_c = 175$ МПа.

Прочность болтов крепления на растяжение и срез и кронштейна на смятие в угловых зонах обеспечивается.

В средних зонах усилия меньше, прочность также обеспечивается.

Усилие вырыва верхнего болта из стены $N_у = N_{ye(1)} = 1794$ Н.

Полученное из расчета вырывающее усилие, передаваемое на верхний болт несущего кронштейна $N_у = 1794$ Н, должно обеспечиваться прочностью анкеровки в стене здания; допускаемое усилие на 1 болт с дюбелем подбирается по результатам испытаний на вырыв из аналогичного по материалу образца или фрагмента стены с коэффициентом запаса по [68]; при заданной высоте здания Н = 75 м $K_{зап} = 5$; при этом должно быть $N_у^{exp} \ge N_у \cdot K_{зап} = 1794 \cdot 5 = 8970$ Н.

Заключение

Разработанная конструкция навесной фасадной системы с вентилируемым воздушным зазором для крепления облицовки плитами натурального гранита плотностью $\gamma = 2800$ кг/м^3, толщиной $\delta = 30$ мм при заданных условиях: районе строительства – г. Москва, высоте здания 75,0 м, геометрических, физико-механических

параметрах и шагах несущих профилей удовлетворяет требованиям СП по прочности и жесткости элементов и их соединений при совместном действии вертикальных и ветровых нагрузок.

Полученное из расчета вырывающее усилие верхнего болта N_y = 1908 Н должно обеспечиваться прочностью анкеровки в стене здания с учетом результатов испытаний на вырыв анкера из аналогичного по материалу образца или фрагмента стены здания с коэффициентом запаса по [68] $K_{зап}$ = 5; при этом должно быть $N_y^{exp} \geq N_y \cdot K_{зап} = 1794 \cdot 5 = 8970$ Н.

Библиография

1 Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

2 Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. №190-ФЗ

СП 31-107-2004 Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий

Рекомендации по проектированию сети и зданий детских внешкольных учреждений для г. Москвы. Выпуск 1. Детские музыкальные школы и школы искусств;

Рекомендации по проектированию сети и зданий детских внешкольных учреждений для г. Москвы. Выпуск 2. Центры детского творчества;

Рекомендации по проектированию сети и зданий детских внешкольных учреждений для г. Москвы. Выпуск 3. Детско-подростковые клубы

Пособие по проектированию учреждений здравоохранения (к СНиП 2.08.02-89)

Пособие к СНиП 2.08.02-89 Проектирование предприятий общественного питания;

Проектирование предприятий розничной торговли. (Справочное пособие к СНиП 2.08.02-89);

МДС 32-1.2000 Рекомендации по проектированию вокзалов

МДС 32-2.2000 Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах

ВСН-АВ-ПАС-94 Автовокзалы и пассажирские автостанции

СП 31-112-2004 Физкультурно-спортивные залы. Часть 1

СП 31-112-2004 Физкультурно-спортивные залы. Часть 2

СП 31-113-2004 Бассейны для плавания

Справочное пособие по проектированию бассейнов (к СНиП 2.08.02-89)

Справочное пособие к СНиП 2.08.02-89. Проектирование клубов

Справочное пособие к СНиП 2.08.02-89. Проектирование театров

Рекомендации по проектированию концертных залов

СНиП 31-05-2003 Общественные здания административного назначения

Рекомендации по проектированию озеленения и благоустройства крыш жилых и общественных зданий и других искусственных оснований

Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)

Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. М.: Госстрой России. Федеральный научно-технический центр сертификации в строительстве (ФЦС), ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2004

Справочник проектировщика. Расчетно-теоретический, М.,1972

УДК 721:725.4/5:69.032.22 ОКС 91.040.10.

Ключевые слова: высотные здания, высотные комплексы, архитектурно-планировочные решения, объемно-планировочные решения

gost.e-ecolog.ru