

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТНОМ ОБОСНОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ	6
2. КОМПОНОВКА НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ	6
3. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МОДЕЛИ ТИПОВОГО ЭТАЖА	13
3.1. Создание расчетной модели несущих конструкций типового этажа.....	14
3.1.1. Разработка системы вертикальных несущих конструкций типового этажа	14
3.1.2. Моделирование вертикальных несущих конструкций типового этажа и их сечений	15
3.1.3. Формирование конечноэлементной модели перекрытия типового этажа	16
3.1.4. Создание связей между конструктивными элементами (внутренние связи) и связей между несущей системой и внешней средой (внешние связи).....	21
3.2. Проверка расчетной модели	23
3.3. Разработка модели нагрузок и воздействий	23
3.3.1. Модель нагрузок для расчета конструкций перекрытия по первой группе предельных состояний.....	24
3.3.2. Модель нагрузок для расчета конструкций перекрытия по второй группе предельных состояний.....	25
3.4. Выполнение расчета и анализ результатов.....	26
4. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ В ЦЕЛОМ.....	31
4.1. Создание расчетной модели несущей системы здания.....	32
4.1.1. Разработка конструктивной системы вертикальных несущих конструкций здания в целом	32
4.1.2. Разработка геометрической модели несущей системы здания, включая жесткостные характеристики конструкций.....	33
4.1.3. Моделирование связей между элементами конструкции (внутренние связи) и связей между конструкцией и внешней средой (внешние связи).....	34
4.2. Проверка расчетной модели	37
4.3. Разработка модели нагрузок и воздействий	37
4.4. Выполнение расчета и анализ результатов.....	40
5. РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ НЕСУЩИХ СИСТЕМ В РАМКАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	41
6. РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ	52
7. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ	52
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	54

ВВЕДЕНИЕ

В учебно-методическом пособии содержатся материалы для подготовки к практическим занятиям по дисциплинам 08.05.01 «Спецкурс по проектированию железобетонных конструкций» и 08.05.01 «Конструирование несущих железобетонных систем», а также выполнения курсового проекта по теме «Статический расчет монолитной железобетонной несущей системы гражданского высотного здания в целом и отдельных конструктивных элементов».

В рамках выполнения курсового проекта необходимо:

1. Выполнить компоновку несущей системы в соответствии с темой дипломного проекта (на основе архитектурных решений здания).

2. Выполнить статический расчет несущей системы:

2.1. Принять нагрузки и воздействия в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» и СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования».

2.2. Разработать расчетную модель для расчетного анализа конструкций перекрытия типового этажа.

2.3. Разработать расчетную модель для расчетного анализа несущей системы в целом.

2.4. Выполнить расчет перекрытия типового этажа по критериям I и II групп предельных состояний.

2.5. Выполнить расчет фундаментной плиты (плитного ростверка) по критериям I и II групп предельных состояний.

2.6. Выполнить расчет несущей системы в целом на действие основного сочетания нагрузок, включая ветровые воздействия с учетом пульсационной составляющей.

Расчетные модели разработать в рамках метода конечных элементов, используя библиотеку конечных элементов вычислительного комплекса, применяемого для выполнения статических расчетов.

Результаты курсового проекта представить в виде пояснительной записки.

Состав пояснительной записки:

1. Описание несущей системы.

2. Описание нагрузок и воздействий.

3. Результаты расчетного анализа:

3.1. Деформации перекрытий типового этажа.

3.2. Деформации фундаментной плиты (плитного ростверка).

3.3. Значения ускорений от действия ветровой нагрузки.

4. Общий вид расчетной модели для статического расчета перекрытия типового этажа.

5. Общий вид деформированного состояния расчетной модели перекрытия типового этажа, совмещенный с изополями («мозаикой») деформаций.

6. Общий вид расчетной модели для статического расчета несущей системы в целом.

7. Общий вид деформированного состояния фундаментной плиты (плитного ростверка) — фрагмент общей расчетной модели.

8. Изополя («мозаика») верхнего и нижнего продольного расчетного армирования фундаментной плиты (плитного ростверка) по двум направлениям.

Настоящее учебно-методическое пособие не имеет цели рекомендовать к применению тот или иной вычислительный комплекс для выполнения расчетного анализа, но содержит информацию о наличии в таких комплексах требуемых процедур по созданию расчетных моделей и определенным расчетным технологиям. Однако представленные примеры по тем или иным процедурам создания расчетных моделей и подготовки иных специальных данных, необходимых для выполнения расчетов, представлены на примере ВК SCAD. Нужно отметить, что ВК ЛИРА и ВК SCAD имеют большое число схожих (или весьма близких) процедур создания расчетной модели и элементов интерфейса, что дает возможность применять информацию, изложенную в пособии, для выполнения расчетного анализа в ВК ЛИРА.

1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТНОМ ОБОСНОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ

Проведение расчетного анализа несущих систем совершенно необходимо, что определяется положениями нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации.

Требования по безопасности, надежности и пригодности к эксплуатации, устанавливаемые государством, определяются федеральными законами. Также правительство РФ определяет перечень положений ведомственных норм, обязательных к выполнению при разработке и реализации проектной документации.

Технические аспекты требований нормативных документов, обеспечивающих выполнение требований по безопасности, надежности и пригодности к эксплуатации на уровне их реализации в конкретном производстве, технологическом процессе и проч., устанавливаются нормативными документами системы строительного нормирования (СП, ГОСТ Р, ГОСТ, ТСН).

Технические аспекты требований по безопасности, надежности и пригодности к эксплуатации, обеспечивающие реализацию федеральных законов, устанавливаются нормативными документами ведомственного уровня.

Более подробные сведения о составе и структуре нормативной основы строительства изложены в [1].

2. КОМПОНОВКА НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ

При выполнении расчетного анализа несущих систем целью ставится получение численных величин эффектов нагрузок и воздействий на несущую систему здания (сооружения) или отдельных конструктивных элементов. Эффектами нагрузок и воздействий являются внутренние усилия, напряжения, деформации, перемещения и др., возникающие в результате нагружения несущей системы или воздействий на последнюю.

Для большинства проектируемых зданий гражданского и промышленного назначения цели расчетного анализа достигаются посредством выполнения статических расчетов на моделях несущих систем или отдельных конструктивных элементов. Это возможно в рамках разных расчетных технологий:

а) решение уравнений (систем уравнений), аналитически описывающих зависимости эффектов воздействия от видов нагрузок и механических характеристик элементов несущей системы (так называемое «точное» решение);

б) решение задач механики, в том числе не имеющих «точного» решения, численными методами, т.е. решение с получением результатов с некоторым отклонением (допустимого (приемлемого) уровня) от «точного» решения. Как правило, для статических расчетов применяется вычислительная техника и специализированные вычислительные комплексы.

На сегодняшний день технология б) наиболее часто применяется при выполнении расчетного обоснования. Нужно отметить, что в этом случае непосредственно процесс решения систем уравнений (формирование систем уравнений, учет жесткостных параметров и др.) инженером не выполняется, а производится автоматизированно программным вычислительным комплексом (ВК). Достоверность полученного решения, реализуемого сертифицированным ВК, проверяется посредством процедуры верификации, после выполнения которой принято считать, что полученные результаты являются «достаточно точными» для их учета в расчетном анализе. По сути, указанная расчетная технология для рядового инженера является «черным ящиком», инженер не имеет доступа к его содержимому.

Необходимым условием успешного решения задач расчетного обоснования является создание корректных расчетных моделей несущей системы или отдельных конструктивных элементов. В свою очередь, расчетные модели должны соответствовать внутренним правилам моделирования, определяемым выбранным ВК. Эти правила моделирования определяются методами решения задач строительной механики, реализованными в применяемом ВК. В настоящее время наиболее широкое распространение для решения задач проектирования строительных конструкций получил метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ реализован в широко известных универсальных ВК (ANSYS, ABAQUS и др.) и в более специализированных ВК, применяемых, главным образом, для решения задач анализа несущих систем и конструкций (SCAD, «ЛИРА», MicroFE и др.).

Ввиду вышесказанного в процессе выполнения расчетного анализа в первую очередь требуется создать корректную расчетную модель строительной системы, удовлетворяющую требованиям применяемого ВК. Следующим этапом для получения величин эффектов воздействий производится процедура статического расчета (процесс закрыт для пользователя).

Основными компонентами расчетной модели несущей системы (конструкции) являются:

- модель несущей системы (топология системы; набор элементов, моделирующих отдельные конструкции; характеристики сечений и материалов);
- модель нагрузок и воздействий (соответствующая методике моделирования несущей системы);
- модель внешних связей (соответствующая методу решения задач строительной механики в используемом ВК).

Моделировать несущую систему необходимо в соответствии с правилами, установленными в применяемом ВК. Эти правила соответствуют как общим требованиям конечноэлементного моделирования, так и требованиям, предъявляемым к использованию конкретных конечных элементов (КЭ), входящих в библиотеку ВК.

Модель нагрузок должна соответствовать действующим нормативным документам по нагрузкам и воздействиям (в настоящее время основные требования к нагрузкам и воздействиям определены в СП.20.13330). При этом в ВК существуют определенные последовательности и процедуры назначения нагрузок на создаваемую конечноэлементную модель несущей системы.

Модель внешних связей должна отражать условия взаимодействия здания с «землей» — так принято называть грунтовое основание — либо внешние (по отношению к расчетной модели) сооружения (конструкции), на которые происходит опирание или которые служат ограничителями для деформирования несущей системы. Процесс моделирования внешних связей требует учета как правил метода конечных элементов в целом, так и возможностей конкретного ВК.

Несущая система многоэтажных и высотных зданий должна обеспечивать возможность устройства достаточно сложной компоновки этажей, определяемой технологическими процессами, протекающими в здании (рис. 2.1).

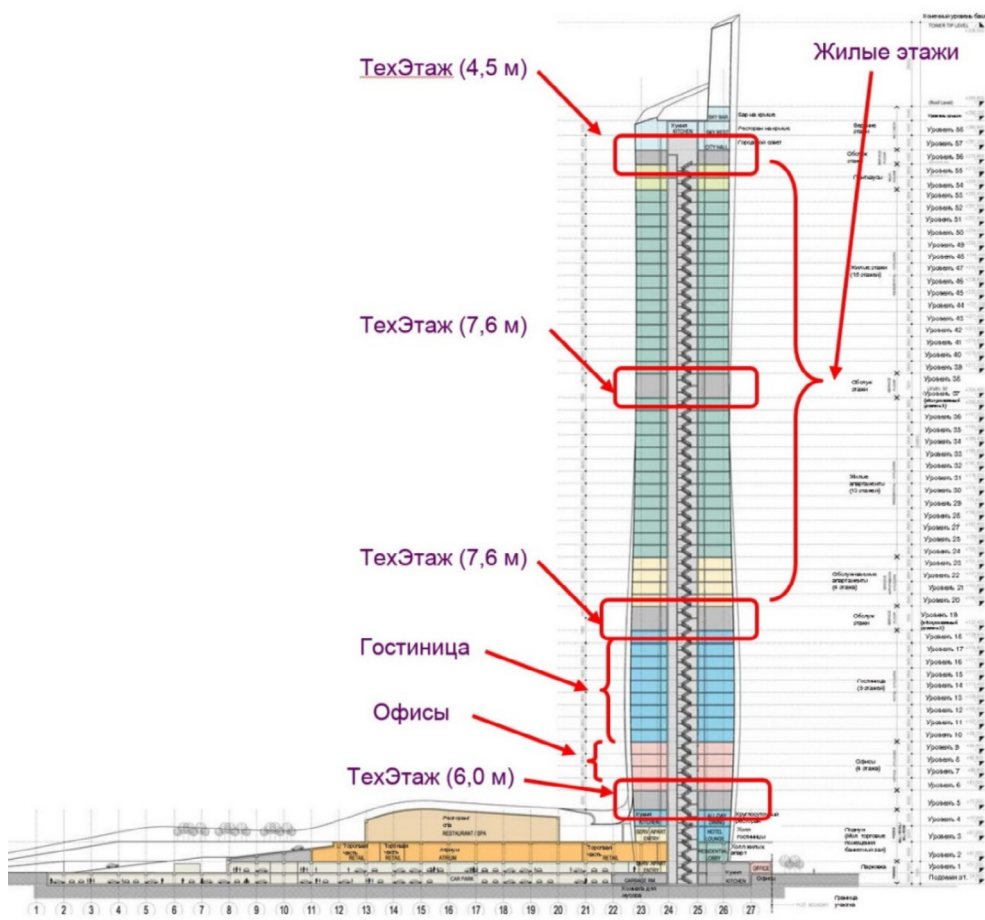


Рис. 2.1. Пример организации этажей в высотном здании

Можно выделить несколько наиболее часто применимых типов несущих систем многоэтажных и высотных железобетонных зданий: стеновые несущие системы, рамно-связевые несущие системы, рамно-связевые несущие системы на основе ядра жесткости, рамно-связевые несущие системы с этажами повышенной жесткости (аутриггерными этажами).

Применение стеновых несущих систем эффективно для зданий с относительно большими пролетами. Такие несущие системы имеют высокую жесткость, что зачастую является важным преимуществом. Стеновые несущие системы удобно применять при необходимости устройства свободного пространства — например при организации квартир-студий. Это возможно благодаря опиранию перекрытий «по контуру» (рис. 2.2).

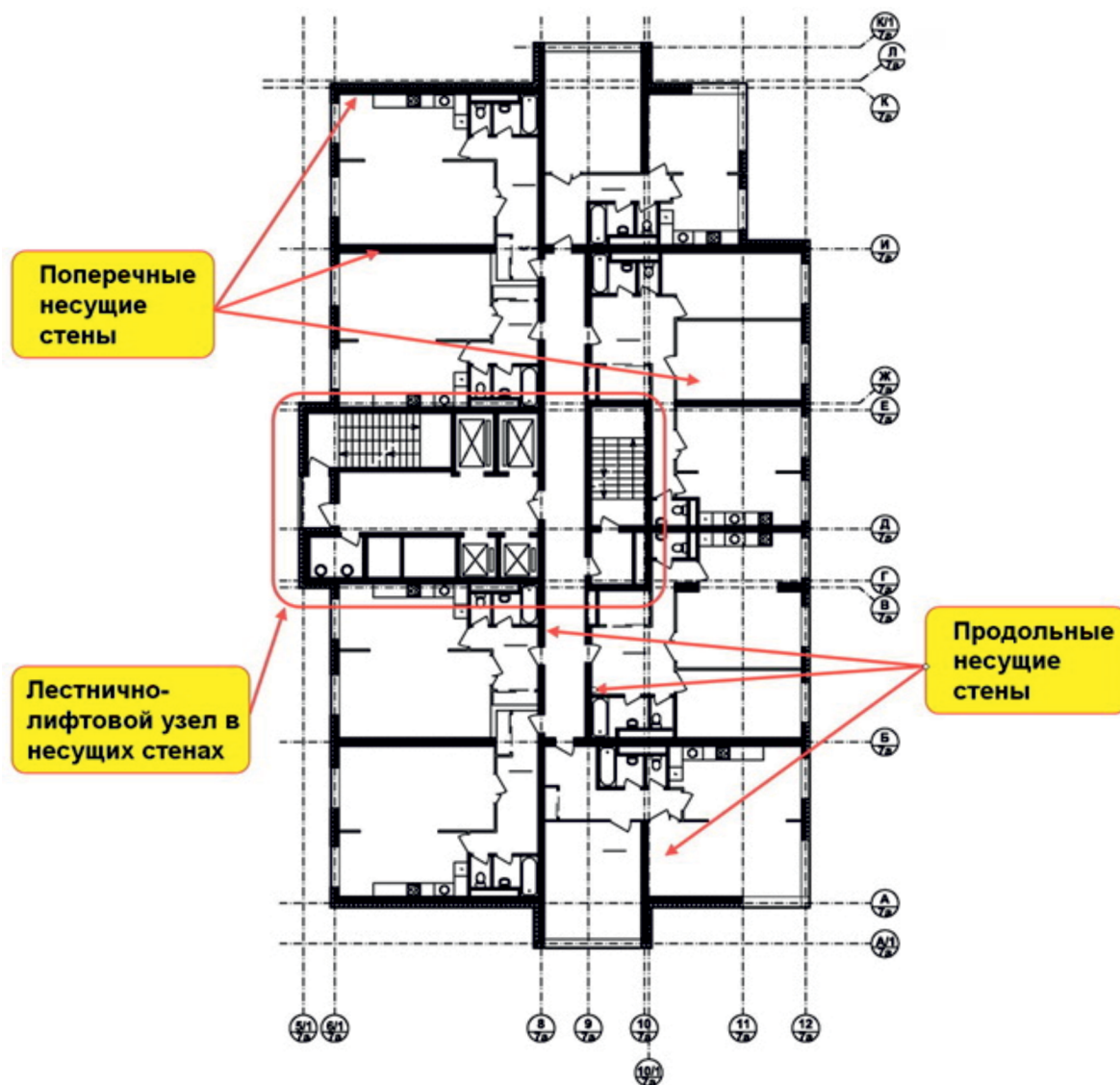


Рис. 2.2. Стеновая несущая система здания

Рамно-связевая несущая система наиболее часто применима при строительстве многоэтажных и высотных зданий (рис. 2.3). Рамные элементы позволяют создать необходимые условия для реализации планировочных решений, а связевые конструкции обеспечивают необходимый уровень жесткости несущей системы. Количество связевых элементов определяется по результатам оценки соответствия результатов расчета критериям второй группы предельных состояний. Подробнее основы метода расчетных предельных состояний изложены в монографии [1].

Так как в высотных зданиях габариты этажа невелики относительно высоты здания, то обеспечение необходимого уровня жесткости является достаточно сложной задачей, для решения которой применяются рамно-связевые несущие системы на основе ядра жесткости (рис. 2.4)

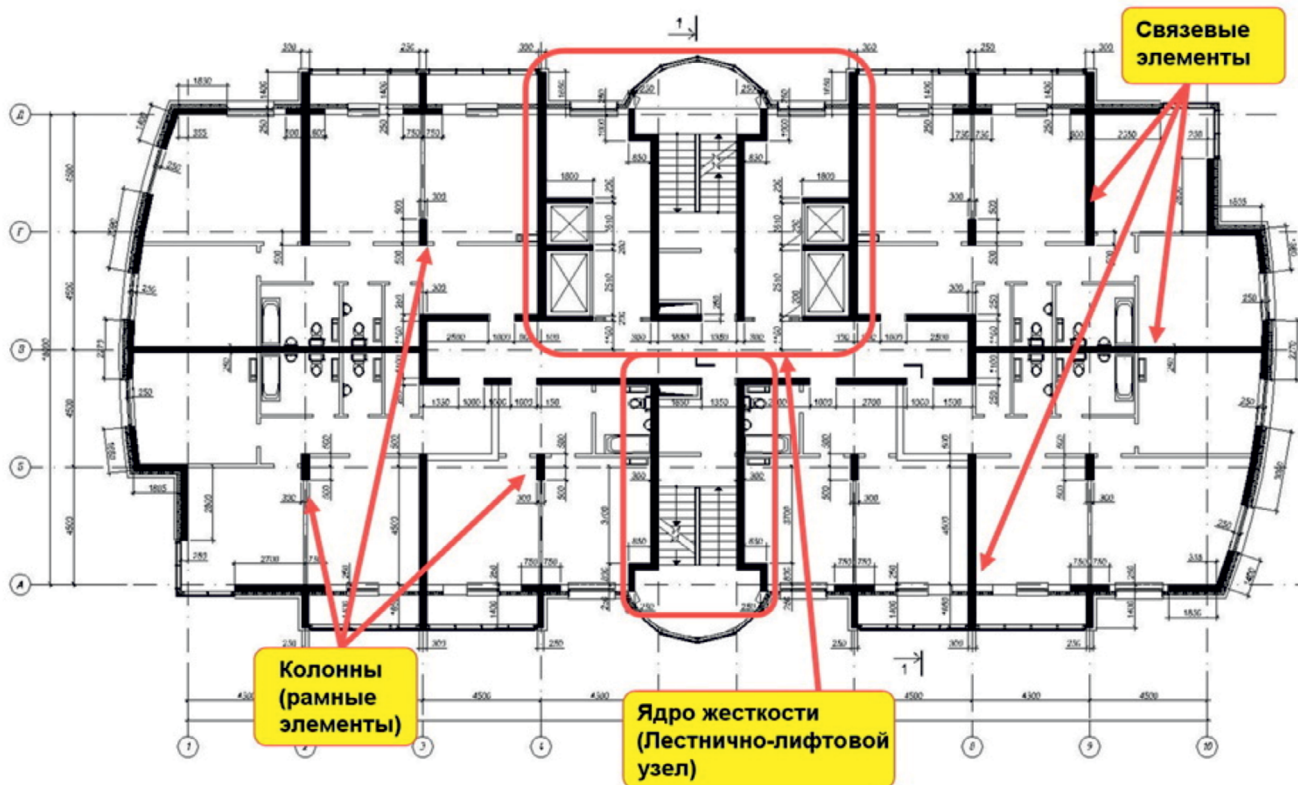


Рис. 2.3. Рамно-связевая несущая система

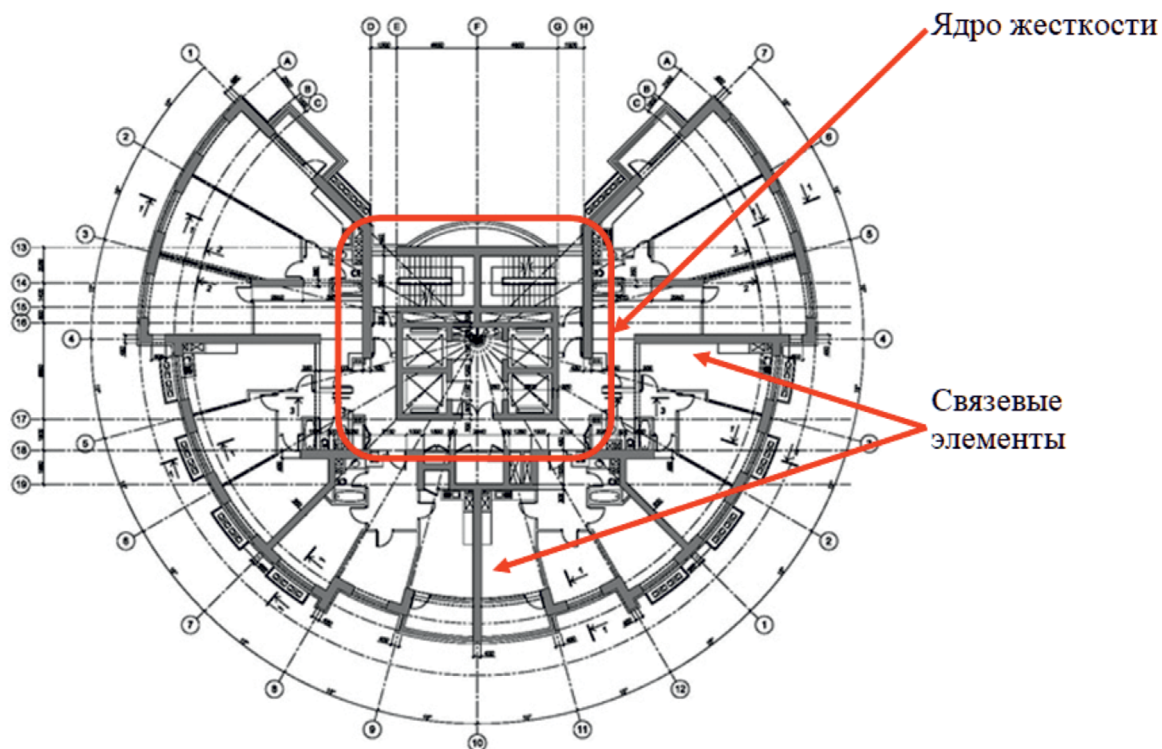


Рис. 2.4. Рамно-связевая несущая система с ядром жесткости

К высотным зданиям предъявляется целый ряд специальных требований [3]. Одним из наиболее важных требований является обеспечение противопожарной безопасности. Для этих целей выполняется разделение здания по высоте на несколько пожарных отсеков, разделенных этажами-убежищами с повышенным уровнем жесткости. Несущие конструкции таких этажей должны обладать высокой огнестойкостью (как правило, не менее 4 ч), которая достигается использованием желе-

зобетона в качестве основного материала. При этом толщина железобетонных стен и перекрытий обычно требуется не менее 250 мм.

Наличие этажей-убежищ также упрощает разводу инженерных сетей по высоте здания и играет важную роль в обеспечении защиты здания от прогрессирующего обрушения [4].

Конструктивная система этажей-убежищ обладает значительно большей жесткостью по сравнению с типовыми этажами, что приводит к наличию в несущей системе в целом ярусов конструкций повышенной жесткости — так называемых аутригерных этажей (рис. 2.5).

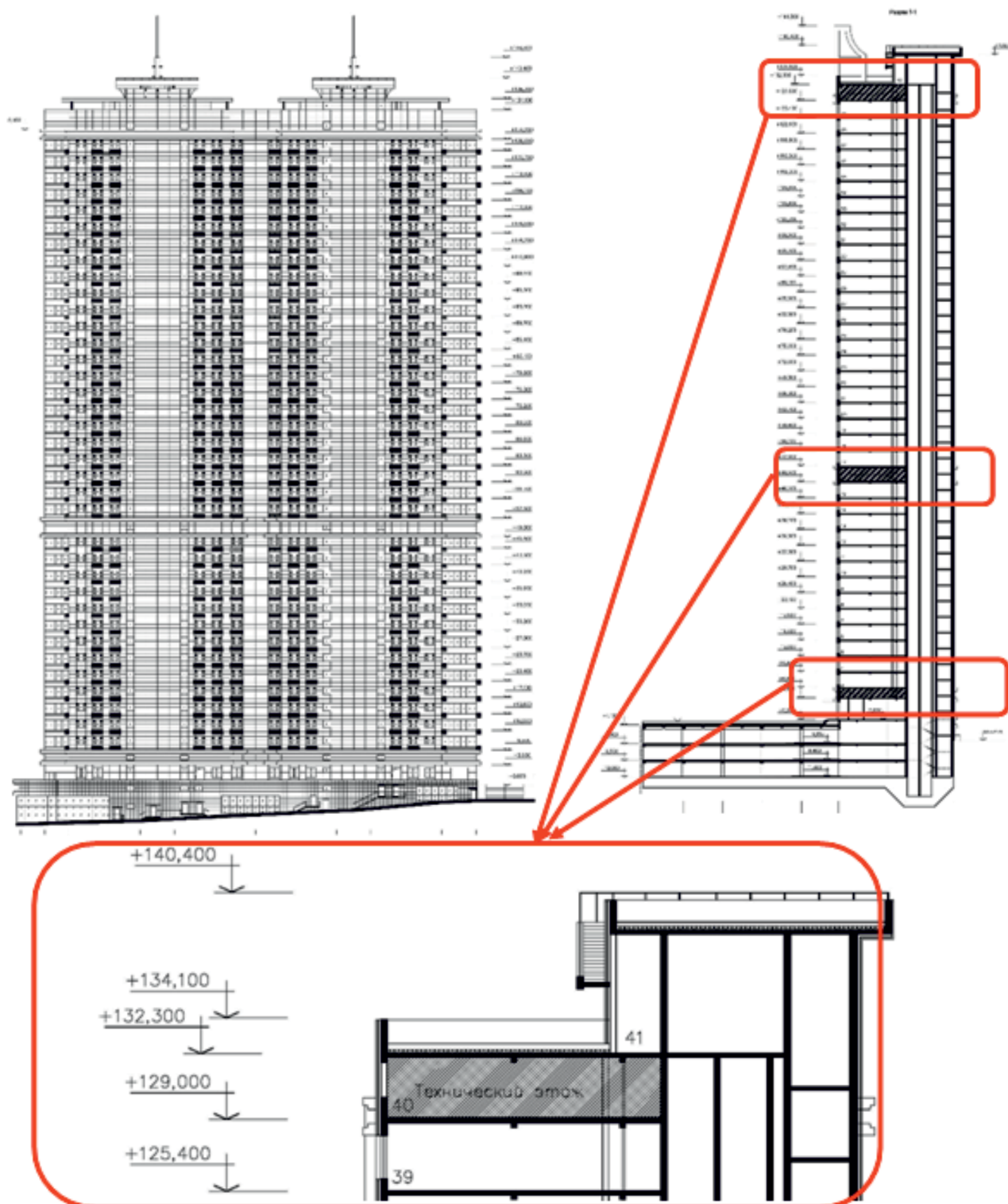


Рис. 2.5. Рамно-связевая несущая система с этажами повышенной жесткости (аутригерные этажи);
внизу — аутригерный этаж

Наличие ярусов с повышенной жесткостью существенно влияет на распределение усилий и напряжений в элементах несущей системы здания. Это обстоятельство требует учета при создании расчетной схемы и выборе технологии расчетного анализа (см. главу 5).

В несущих системах монолитных железобетонных многоэтажных и высотных зданий можно выделить следующие конструктивные элементы:

- фундаменты (чаще всего в качестве фундаментов применяют монолитные железобетонные фундаментные плиты или свайные (свайно-плитные) фундаменты с монолитным железобетонным плитным ростверком);
- вертикальные несущие конструкции: колонны, пилоны, стены жесткости, стены, формирующие лестнично-лифтовые блоки (ядра жесткости);
- горизонтальные несущие конструкции: перекрытия и покрытия различного вида.

Обычно в первую очередь компонуются вертикальные несущие конструкции типовых этажей. Следующим этапом, если планировки первых и типовых этажей позволяют и форма здания относительно проста, конструкции типовых этажей проецируют на нижележащие уровни, по возможности с наименьшим числом изменений. В этом случае общая несущая система формируется наиболее просто.

В случае более сложных объемно-планировочных решений требуется анализ возможности сохранения положения вертикальных несущих конструкций типовых этажей на нижележащих уровнях и, при необходимости, проектирование распределительных несущих конструкций, позволяющих перераспределить усилия от вышележащих стен и колонн на вертикальные несущие конструкции нижней зоны (подвал (автостоянка), 1-й этаж).

На рис. 2.6, *а* показан типовой этаж жилого дома, вертикальные несущие конструкции которого решены в стеновом варианте. При проецировании стен в нижние этажи выявлена невозможность реализации технологии автостоянки, так как несущие конструкции располагаются в зонах проездов и парковочных мест (рис. 2.6, *б*).

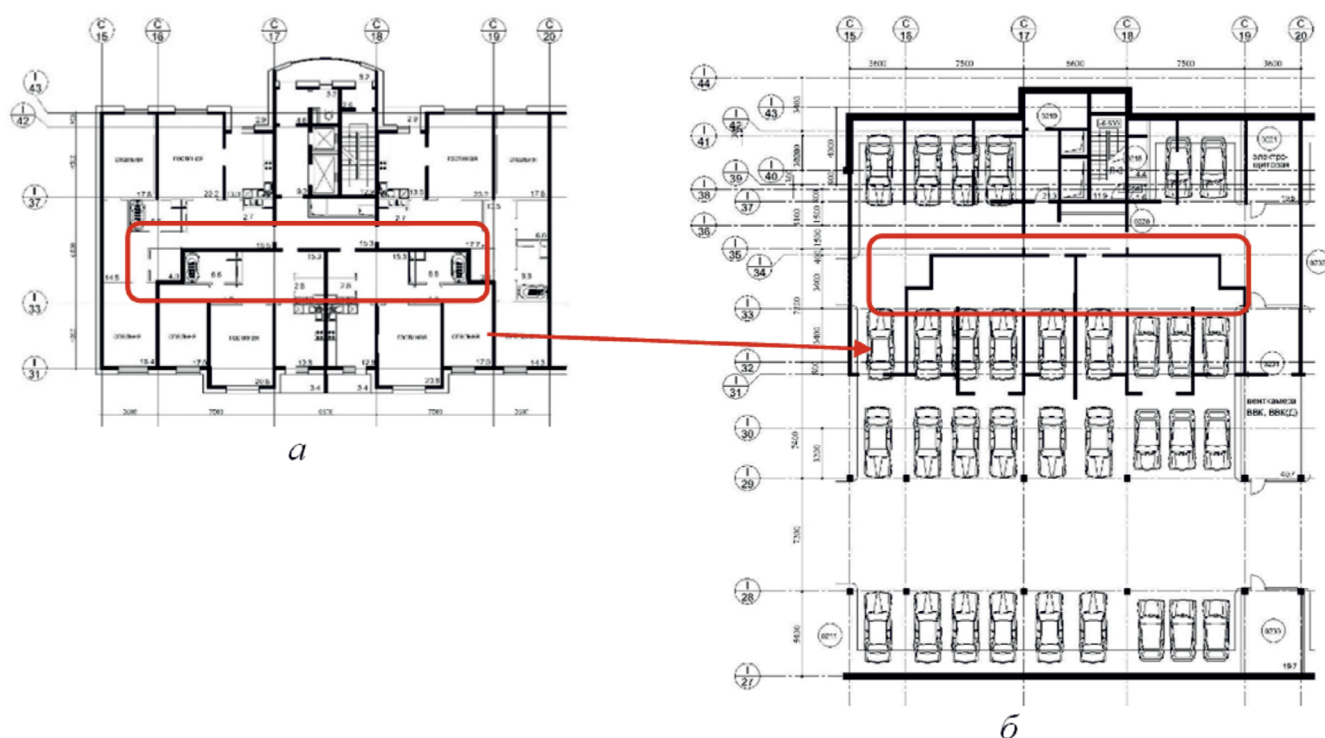


Рис. 2.6. Проецирование стен типового этажа в уровень подземной автостоянки:

а — типовой этаж; *б* — подземная автостоянка

Для обеспечения возможности устройства в подземной части здания парковки необходимо вынести вертикальные несущие конструкции из проездов и парковочных мест (рис. 2.7).

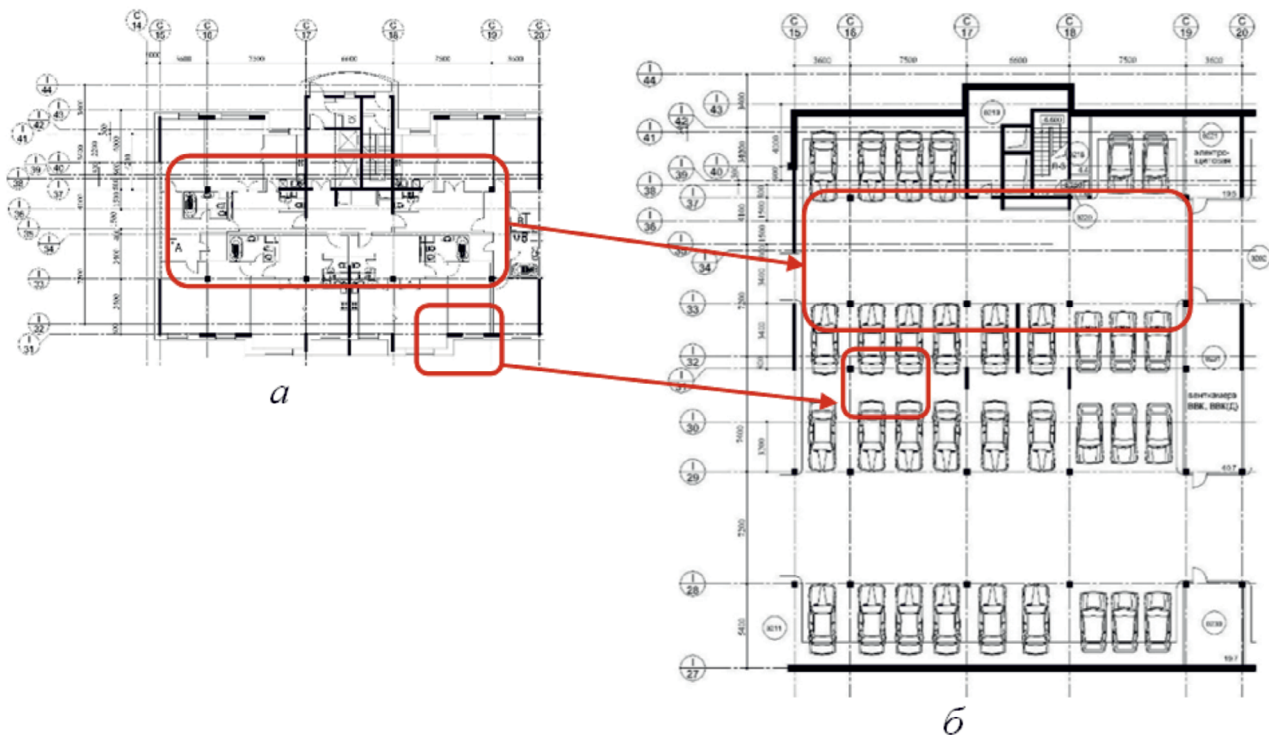


Рис. 2.7. Проецирование откорректированных вертикальных несущих конструкций типового этажа в уровень подземной автостоянки: *а* — типовой этаж; *б* — подземная автостоянка

Для освобождения зон автостоянок требуется введение в несущую систему дополнительных несущих конструкций, позволяющих выполнить переопирание вышерасположенных стен и колонн. В данном случае такими конструктивными элементами могут стать балки-стенки, располагаемые в зонах перепада отметок перекрытия, которые будут являться опорами для вышележащих вертикальных несущих конструкций (рис. 2.8).

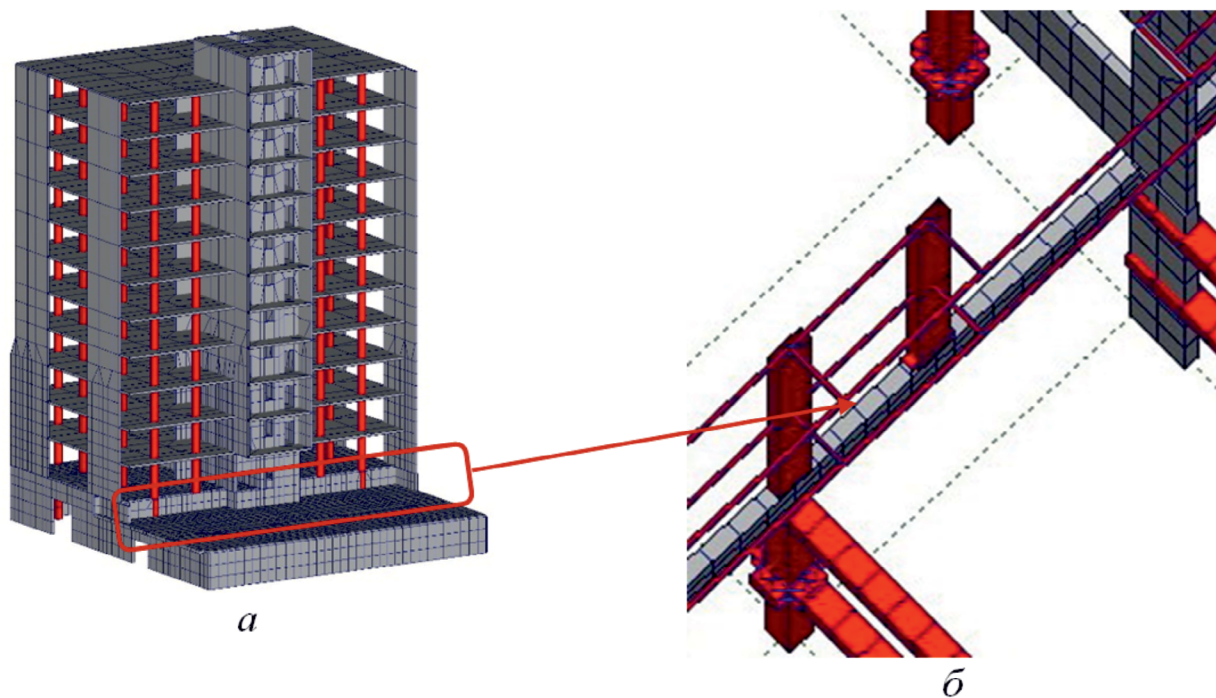


Рис. 2.8. Принцип переопирания вертикальных несущих конструкций:
а — общий вид расчетной модели несущей системы; *б* — балка-стенка в зонах перепада отметок перекрытия

Основной расход бетона и арматуры идет на устройство монолитных железобетонных перекрытий типовых этажей. В этой связи проектирование экономичных и при этом соответствующих всем нормам конструкций во многом позволит обеспечить требуемый уровень экономичности несущей системы в целом. Ввиду вышесказанного проектирование и расчетный анализ целесообразно начинать с конструкций монолитного железобетонного перекрытия типового этажа.

Нормативные документы требуют для проектируемых конструкций обеспечения выполнения критериев предельных состояний первой и второй групп. Для конструкций монолитного железобетонного перекрытия типового этажа основными проверками являются:

- проверка несущей способности нормальных и наклонных сечений плиты перекрытия (первая группа предельных состояний [5]);
- проверка несущей способности в зоне сопряжения перекрытия с вертикальными несущими конструкциями по критерию продавливания (первая группа предельных состояний [5]);
- проверка деформаций плиты перекрытия типового этажа (вторая группа предельных состояний [6]).

После назначения конструктивных решений типового этажа (при условии подтверждения по результатам расчетного анализа соответствия принятых конструктивных решений требованиям действующих норм) выполняется расчетный анализ несущей системы здания в целом. По результатам статического расчета определяются эффекты, вызываемые нагрузками и воздействиями на здание в целом. Это позволяет выполнить проверки критериев первой и второй групп предельных состояний для несущей системы в целом и отдельных конструктивных элементов. Основными проверками являются:

- проверка несущей способности нормальных и наклонных сечений вертикальных несущих конструкций — колонн, пилонов и стен (первая группа предельных состояний [5]);
- проверка несущей способности нормальных и наклонных сечений конструкций фундаментной плиты (плитного ростверка) (первая группа предельных состояний [5]);
- проверка несущей способности в зоне опирания вертикальных несущих конструкций на фундаментную плиту (плитный ростверк) по критерию продавливания (первая группа предельных состояний [5]);
- проверка максимальных абсолютных и относительных деформаций фундамента (вторая группа предельных состояний [6]);
- проверка максимальных ускорений при ветровых воздействиях, относительных горизонтальных смещений системы в целом и относительных горизонтальных смещений смежных этажей (вторая группа предельных состояний [6]).

Поскольку эффект, вызываемый нагрузками и воздействиями на здание в целом, существенно зависит от условий взаимодействия несущей системы с внешней средой (податливость оснований, ограничения деформаций внешними конструкциями и проч.), требуется включить в расчетную модель внешние связи и их характеристики.

Несущая система любого здания в рамках своего жизненного цикла проходит через различные стадии работы: стадия возведения, стадия эксплуатации, стадия особых воздействий, стадия реконструкции и стадия демонтажа. Принято каждую такую стадию рассматривать в виде отдельной расчетной ситуации. Однако когда система переходит от одной стадии к другой, у нее уже сформировано некоторое напряженно-деформированное состояние. В этой связи корректные результаты расчетного анализа могут быть получены при последовательном многоэтапном рассмотрении системы расчетных ситуаций с обеспечением наследования НДС от одной расчетной ситуации к другой (см. главу 5).

3. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МОДЕЛИ ТИПОВОГО ЭТАЖА

Основные этапы расчета:

1. Разработка (создание) расчетной модели несущих конструкций типового этажа.
2. Проверка расчетной модели.
3. Разработка модели нагрузок и воздействий.
4. Выполнение расчета и анализ результатов.

3.1. Создание расчетной модели несущих конструкций типового этажа

Разработка (создание) расчетной модели несущих конструкций типового этажа включает следующие технологические этапы:

- разработка конструктивной схемы вертикальных несущих конструкций типового этажа;
- моделирование вертикальных несущих конструкций типового этажа и их сечений;
- создание модели перекрытия типового этажа;
- создание связей между конструктивными элементами (внутренние связи) и связей между несущей системой и внешней средой (внешние связи).

3.1.1. Разработка системы вертикальных несущих конструкций типового этажа

Выбирая положение вертикальных несущих конструкций, необходимо обеспечить реализацию архитектурных решений и, насколько это возможно, встроить конструкции в имеющиеся планировки. То есть их необходимо разместить таким образом, чтобы они не оказывались посреди жилой комнаты или холла (коридора). В дополнение к этому несущие конструкции следует размещать вблизи отверстий для пропуска инженерных коммуникаций, что позволяет выполнять опирание перекрытий в зонах, ослабленных отверстиями (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Размещение элементов вертикальных несущих конструкций вблизи устройства отверстий для пропуска инженерных коммуникаций

Зоны лестнично-лифтовых узлов в большинстве случаев целесообразно выгораживать железобетонными стенами. Это позволяет как сформировать ядро жесткости, являющееся важным элементом обеспечения пространственной жесткости здания в целом, так и обеспечить необходимую огнестойкость конструкций на путях эвакуации.

Если лестнично-лифтовой блок располагается у одной из наружных стен (рис. 3.2), то рекомендуется разместить железобетонную поперечную стену с противоположной стороны плана здания. Также железобетонные стены целесообразно размещать по торцам секции (при этом в стенах необходимо предусмотреть проемы, обеспечивающие проход между секциями в период строительства). Вышеобозначенные приемы компоновки вертикальных несущих конструкций дают возможность формировать систему с симметричным (насколько это возможно) распределением жесткостей в пределах этажа.

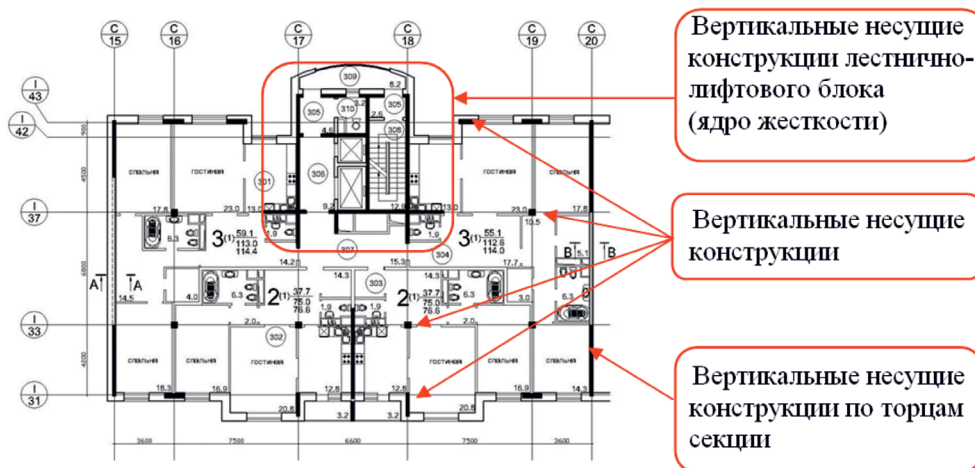


Рис. 3.2. Разработка системы вертикальных несущих конструкций типового этажа

Сетку разбивочных осей целесообразно компоновать в соответствии с положением вертикальных несущих конструкций типового этажа (в идеале разбивочные оси размещаются по осям симметрии стен и колонн). Это удобно при сборке расчетной схемы этажа и позволит минимизировать отклонения несущих конструкций от проектного положения при последующем возведении здания.

3.1.2. Моделирование вертикальных несущих конструкций типового этажа и их сечений

Моделирование несущих конструкций типового этажа целесообразно начинать с этапа задания вертикальных несущих конструкций. Это определяется особенностями моделирования зоны контакта вертикальных несущих конструкций с перекрытием. Деформации перекрытия в пределах пятна сечения опорной конструкции незначительны и ими можно пренебречь. В этой связи для моделирования стыка применяют особые КЭ, имеющие наименование «абсолютно жесткое (твердое) тело» (АЖТ). АЖТ формируется на основе базового узла, расположенного в центре тяжести поперечного сечения колонны (пилона), и набора узлов, расположенных по контуру сечения колонны (пилона). Отсутствие АЖТ в местах опирания перекрытий приведет к существенно завышенным пиковым значениям усилий в контактной зоне перекрытия, не соответствующим действительной схеме работы конструкции.

Сам конечный элемент АЖТ представляет из себя набор условий для величин перемещений узлов расчетного пространства с привязкой таких условий к базовому узлу, который является одним из узлов КЭ типа стержень, моделирующих колонну (пилон), либо одним из узлов КЭ типа оболочка, моделирующих стену (рис. 3.3).

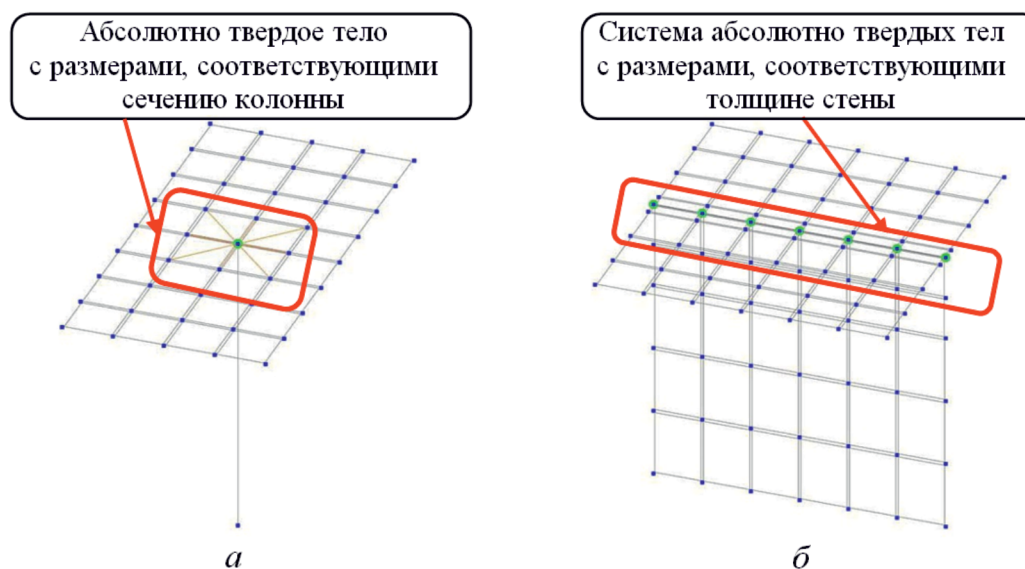


Рис. 3.3. Моделирование зоны опирания перекрытия на колонны (стены):
a — моделирование опирания на колонну; *б* — моделирование опирания на стену

При сборке расчетной схемы необходимо проконтролировать положение узлов перекрытия в зоне установки АЖТ: при моделировании стыка с колонной шаг узлов перекрытия должен быть равен половине соответствующего размера колонны (см. рис. 3.3, *a*), а при моделировании опирания на стену шаг узлов перекрытия в направлении, перпендикулярном плоскости стены, — половине толщины стены (см. рис. 3.3, *б*).

Уточнение: для стен толщиной, не превышающей 250 мм, отсутствие АЖТ в местах опирания перекрытий не оказывает существенного влияния на результаты статических расчетов.

Таким образом, до начала геометрического моделирования перекрытия в расчетной схеме уже должно быть задано положение вертикальных несущих конструкций (стен, пилонов и колонн) и положение узлов по контуру зоны опирания перекрытия на вертикальные несущие конструкции. Это позволит при дальнейшей генерации сетки КЭ перекрытия иметь общие узлы для вертикальных несущих конструкций и перекрытий, связанные не только с осями вертикальных несущих конструкций, но и с сечением последних (рис. 3.4).

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru