

I. Многоэтажные промышленные здания

1.1. Конструктивные схемы многоэтажных промышленных зданий

1.2. Членение рам на сборные элементы

1.3. Сопряжение сборных элементов

1.4. Принципы расчета каркасных зданий и диафрагм жесткости

1.1. Конструктивные схемы многоэтажных промышленных зданий

Многоэтажные промышленные здания (МПЗ) служат для размещения производств легкого машиностроения, приборостроения, радиотехнической, легкой и других видов промышленности.

МПЗ строят в соответствии с унифицированными габаритными схемами. Размер сетки колонн составляет 6х6 м, но возможно применение сеток 9х6 и 12х6 м. Высота этажей принимается кратной 1,2 м, т.е. 3,6, 4,8, 6,0 м, а для первого этажа — 7,2 м. Временные нагрузки на перекрытия составляют от 5 до 25 кН/м². Высоту МПЗ принимают от 3 до 7 этажей при общей высоте до 40 м. Для некоторых видов производств — 12... 14 этажей.

Для современного индустриального строительства характерна массовость изготовления однотипных элементов, следовательно, наибольшая их типизация и унификация. Для типовых элементов установлено ограниченное число типоразмеров. Взаимная увязка размеров типовых элементов производится на основе единой модульной системы, предусматривающей три категории размеров:

- ~ номинальные размеры – расстояния между разбивочными осями здания;
- ~ конструктивные размеры – отличаются от номинальных на величину необходимых зазоров;
- ~ натурные размеры – фактические размеры элементов.

Натурные размеры могут отличаться от конструктивных на некоторую величину, называемую отклонением.

В практике строительства МПЗ применяется три разновидности конструктивных схем каркасов: рамная, рамно-связевая и связевая.



1.1. Конструктивные схемы многоэтажных промышленных зданий

При рамной схеме колонны и ригели объединяются в поперечные и продольные рамы с жесткими узлами. Все вертикальные и горизонтальные (ветровые, сейсмические) нагрузки воспринимаются рамами. Пространственная жесткость здания в поперечном направлении достигается устройством жестких рам, а в продольном – устройством ригелей-распорок (плит-распорок) по линии колонн и вертикальных связей в плоскости колонн (рис. 1.1).

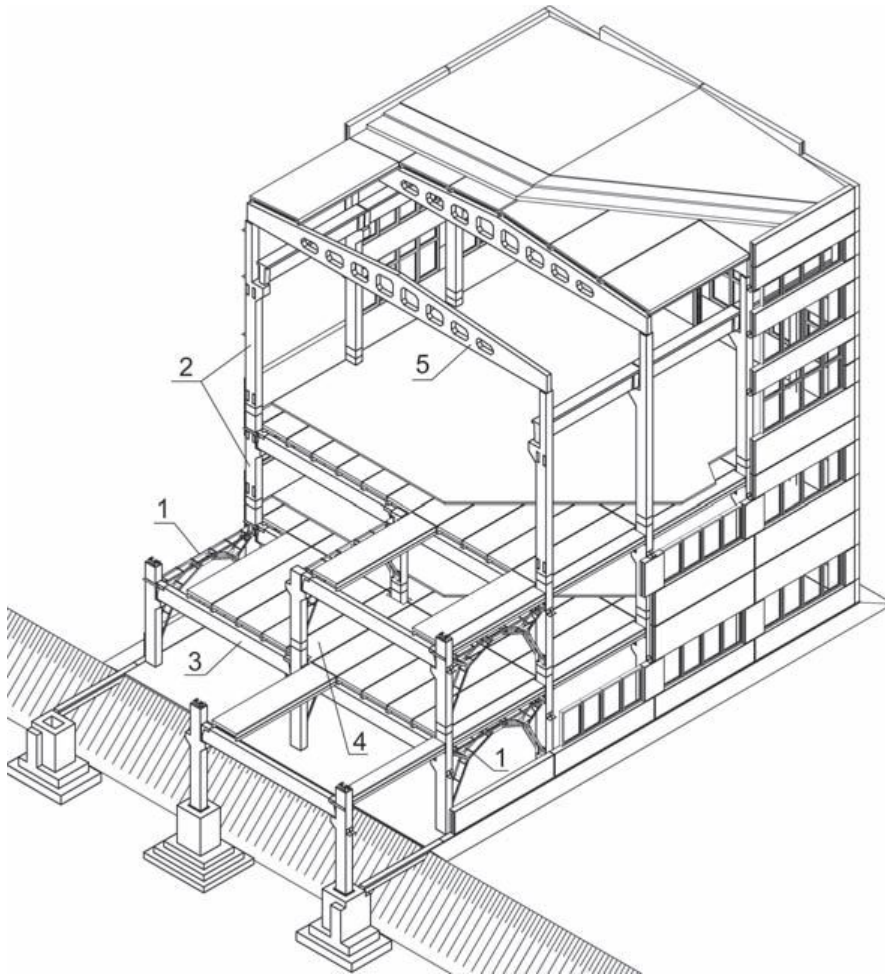


Рис. 1.1. Многоэтажное промышленное здание рамной конструктивной схемы (серия ИИ-20):

- 1 — вертикальные связи по колоннам; 2 — колонны;
3 — ригель; 4 - плита-распорка; 5 - балка покрытия



1.1. Конструктивные схемы многоэтажных промышленных зданий

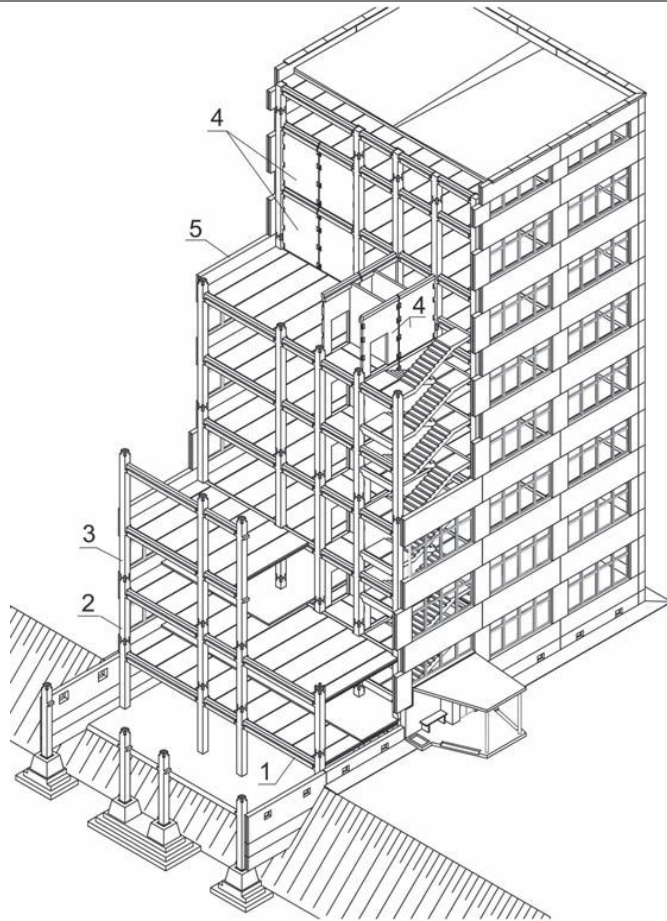


Рис. 1.2. Многоэтажное здание рамно-связевой конструктивной схемы: 1 - железобетонный ригель; 2 — железобетонные колонны высотой на этаж; 3 - железобетонные колонны высотой на два этажа; 4 — диафрагмы жесткости в плоскости поперечных и продольных рам; 5 — панели ограждения

Если горизонтальная жесткость каркаса недостаточна (в зданиях большой протяженности), то применяют рамно-связевую конструктивную схему (рис. 1.2).

При рамно-связевой схеме каркаса для восприятия горизонтальных нагрузок предусматриваются специальные вертикальные стены — диафрагмы жесткости, работающие совместно с рамами. Роль вертикальных диафрагм могут выполнять поперечные стены, стены лифтовых шахт и лестничных клеток (рис. 1.2, поз. 4). Горизонтальная нагрузка передается горизонтальными диафрагмами (междуэтажными перекрытиями) на вертикальные диафрагмы. При этом часть горизонтальной нагрузки воспринимается жесткими рамами. Вся вертикальная нагрузка воспринимается железобетонным каркасом.



1.1. Конструктивные схемы многоэтажных промышленных зданий

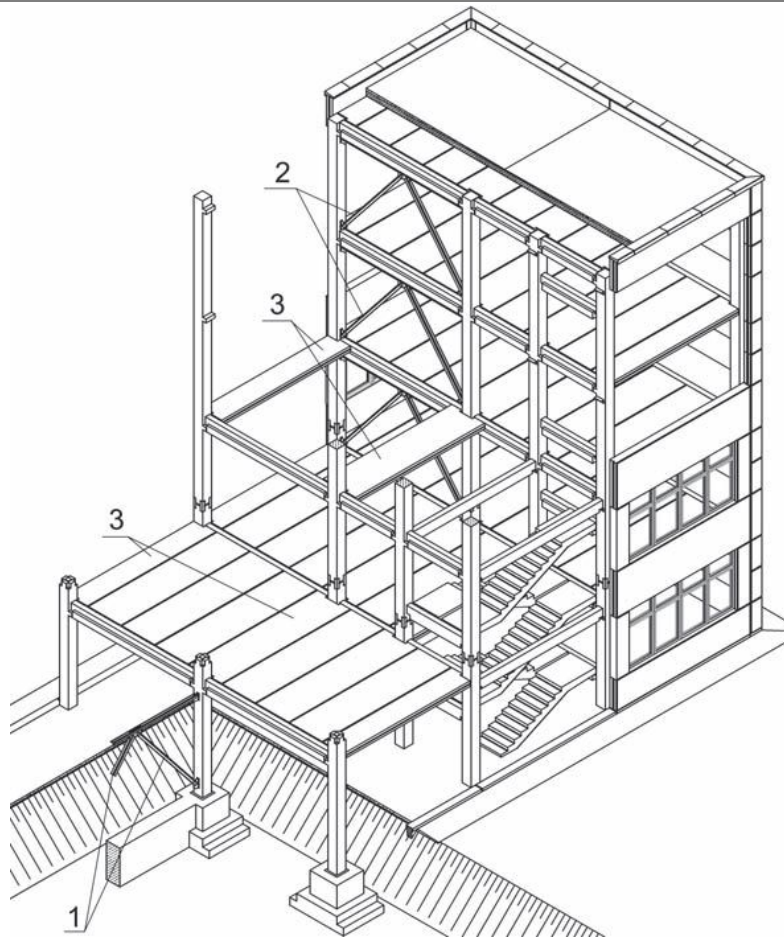


Рис. 1.3. Многоэтажное здание связевой конструктивной схемы (серия 1.020.1): 1 — стальные связи на всех этажах здания в продольном направлении; 2 — стальные связи на всех этажах здания в поперечном направлении; 3 - плиты-распорки, установленные по осям колонн в продольном направлении

При связевой схеме все горизонтальные нагрузки воспринимаются связевыми диафрагмами жесткости, а вертикальные — железобетонным каркасом. В этом случае наружные стены передают горизонтальное давление от ветра на перекрытия (горизонтальные диафрагмы), междуэтажные перекрытия передают давление на поперечные стены или лестничные клетки (вертикальные диафрагмы), которые работают как консольные вертикальные балки, заделанные в фундамент. Вместо железобетонных связевых диафрагм могут быть стальные связи, установленные по осям колонн на всех этажах здания в продольном и поперечном направлениях (рис. 1.3).

Жесткость рамных узлов в связевом каркасе назначается исходя из того, чтобы монтаж каркаса мог опережать монтаж вертикальных диафрагм на 2...4 этажа, при этом узел сопряжения ригеля с колонной проектируют с учетом воспринимаемого изгибающего момента, равного 55 кНм.



1.2. Членение рам на сборные элементы

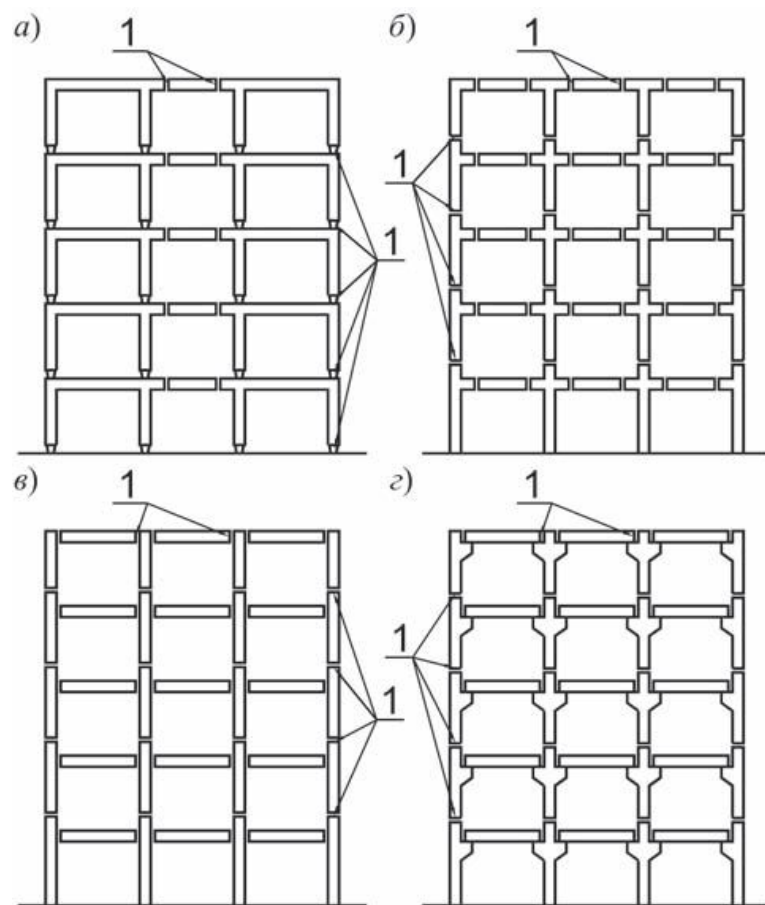


Рис. 1.4. Схемы членения многоэтажных каркасов:

- а — П-образные рамы с консолью, соединенные прямолинейными вставками; б — крестообразные колонны, соединенные прямолинейными ригелями; в, г — линейная с колоннами на этаж и прямолинейными ригелями;
1 — стыки сборных железобетонных конструкций

Сборный многоэтажный каркас здания членят на отдельные элементы, изготавливаемые на заводах. Каркас здания может быть расчленен по следующим схемам:

- ~по рамной схеме (рис. 1.4, а, б);
- ~по линейной схеме — когда колонны и ригели представляют собой прямолинейные элементы (рис. 1.4, в, г).

Ригели рамы членят преимущественно на отдельные прямолинейные элементы, стыкуемые по граням колонн.

Колонны членят на прямолинейные элементы, стыкуемые через один-два этажа выше уровня перекрытия. Элементы при прямолинейной схеме разрезки имеют простую форму, что упрощает их изготовление, складирование, транспортировку и монтаж. Но у этой схемы есть недостаток — сопряжение элементов (стыки) производят в зонах с максимальными усилиями.



1.2. Членение рам на сборные элементы

При рамной схеме членения каркаса здания сохраняется монолитность узлов (рис. 1.4, а, б). Сборные элементы представляют собой рамы или полурамы, состоящие из колонн и ригелей в виде единых изделий. При таком членении каркаса получаются П-образные, крестовые, Н-образные, Г-образные элементы. Стыки располагаются в местах наименьших изгибающих моментов, что дает возможность их упростить. Но при такой схеме членения усложняется форма элементов, затрудняется их изготовление, транспортирование.



1.3. Сопряжение сборных элементов

К стыкам и узлам сборных железобетонных элементов предъявляются следующие требования:

~ прочность, жесткость, долговечность узловых сопряжений должна быть не ниже, чем у самих соединяемых конструкций;

~ стыки должны быть удобными и доступными для монтажа;

~ стыки должны воспринимать монтажные нагрузки до их замоноличивания.

Стыки колонн с фундаментами осуществляются путем заделки колонны в стакане фундамента (рис. 1.5, а) или посредством сварки выпусков арматуры (рис. 1.5, б).

Во втором случае нормальные усилия при монтаже передаются через контакт «зуба» с фундаментом. Этот стык применяется для тяжело нагруженных колонн.

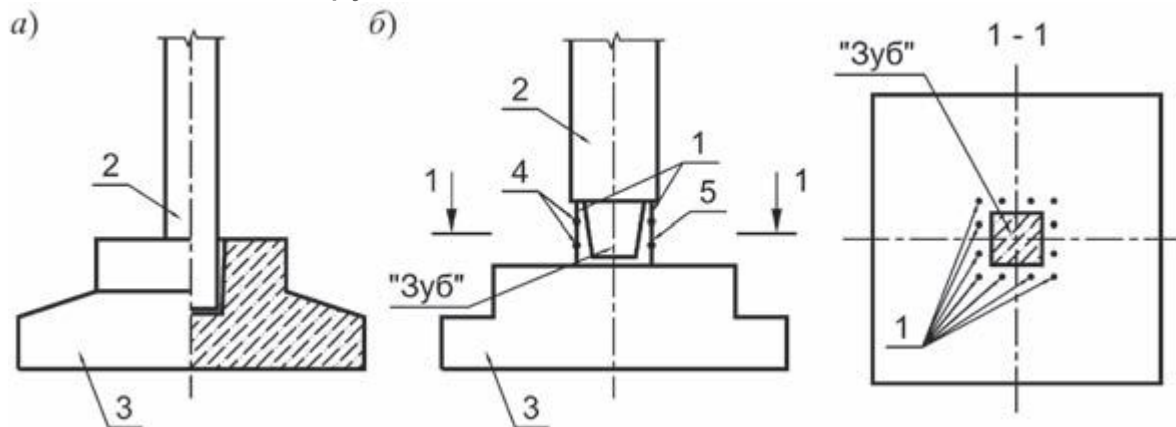


Рис. 1.5. Стыки колонн с фундаментами:

а — стаканного типа; б — соединенные с помощью сварки выпусков арматуры; 1 — выпуски арматуры; 2 — колонна; 3 — фундамент; 4 — ванная сварка; 5 — вкладыш из арматуры



1.3. Сопряжение сборных элементов

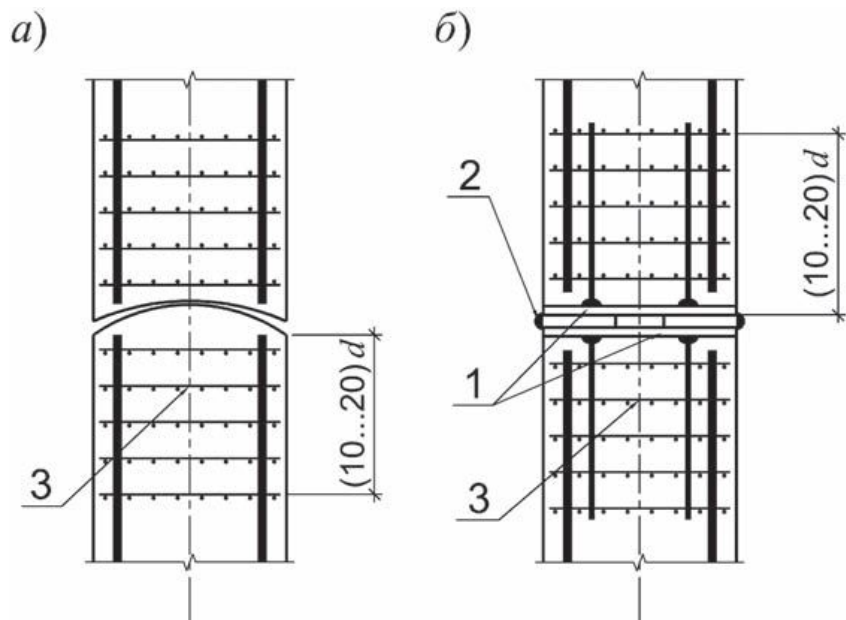


Рис. 1.6. Шарнирный стык колонн:

а — со сферическими торцами; б — с центрирующими прокладками; 1 - металлические закладные пластины; 2 — сварной шов; 3 — усиление торцевых частей колонн косвенным армированием сетками; d — диаметр продольной арматуры

Стыки колонн устраивают в зонах с небольшими изгибающими моментами с учетом удобств при монтаже. Стыки могут быть шарнирные, полужесткие и жесткие.

Шарнирные стыки (рис. 1.6) обеспечивают передачу только нормальных сил.

Разновидностью шарнирного стыка является стык с приторцовкой колонн (рис. 1.7). Приторцовка осуществляется следующим образом: колонны бетонируются в одной опалубке и отделяются друг от друга стальным листом.

Полужесткие стыки обеспечивают передачу нормальных и перерезывающих сил, а также небольших изгибающих моментов. Полужесткие стыки применяются для внецентренножатых колонн с эксцентриситетами продольной силы $e = M/N < 0,2 h_c$.



1.3. Сопряжение сборных элементов

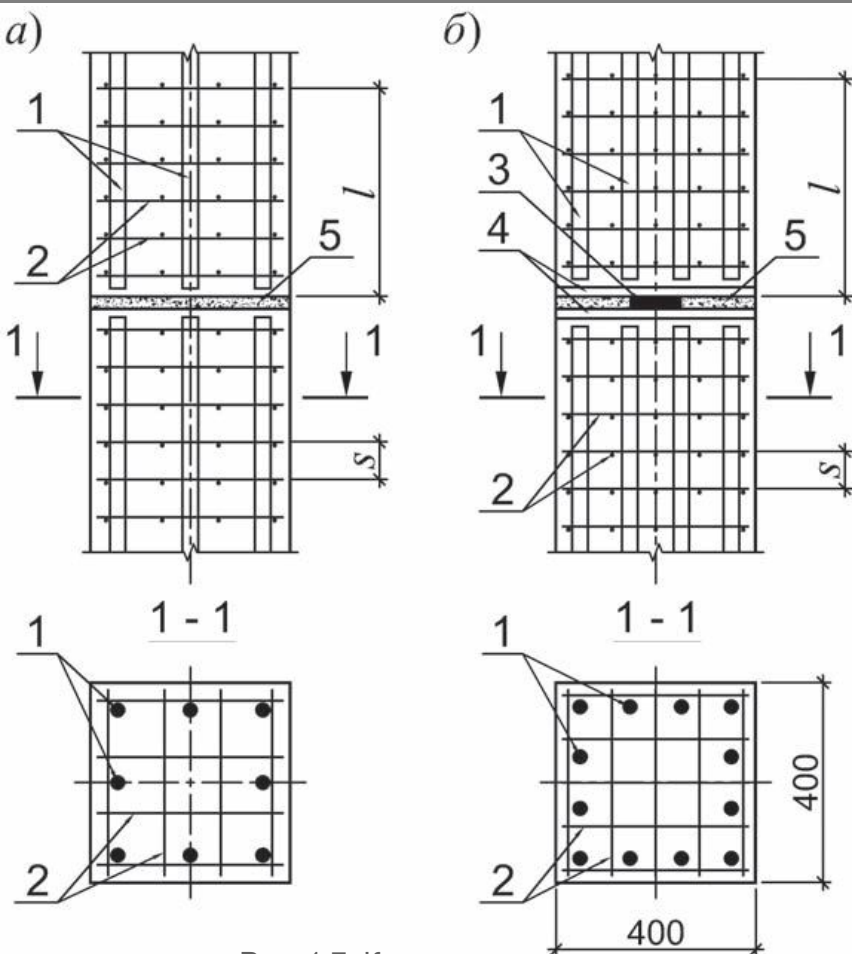


Рис. 1.7. Контактные стыки колонн:

а — с обрывом продольной арматуры; б — с торцевыми пластинами; 1 — продольная арматура; 2 — сетки косвенного армирования; 3 — центрирующая прокладка; 4 — торцевые листы; 5 — растворный шов (l_{ns}) по расчету

Жесткие стыки колонн обеспечивают восприятие нормальных и поперечных сил, а также изгибающих моментов (рис. 1.8). Они обладают жесткостью и прочностью не ниже жесткости и прочности соединяемых конструкций. Прочность стыка до замоноличивания должна быть достаточной для последующего монтажа вышележащих конструкций. Жесткий стык выполняется путем ванной сварки выпусков арматуры колонн смежных этажей (поз. 1 рис. 1.8, б) или путем соединения оголовков колонн металлическими накладками (поз. 7 рис. 1.8, в). Возможно устройство жесткого стыка путем запуска рабочей арматуры вышерасположенной колонны в скважины нижерасположенной колонны. Необходимая анкеровка арматуры обеспечивается длиной заделки.



1.3. Сопряжение сборных элементов

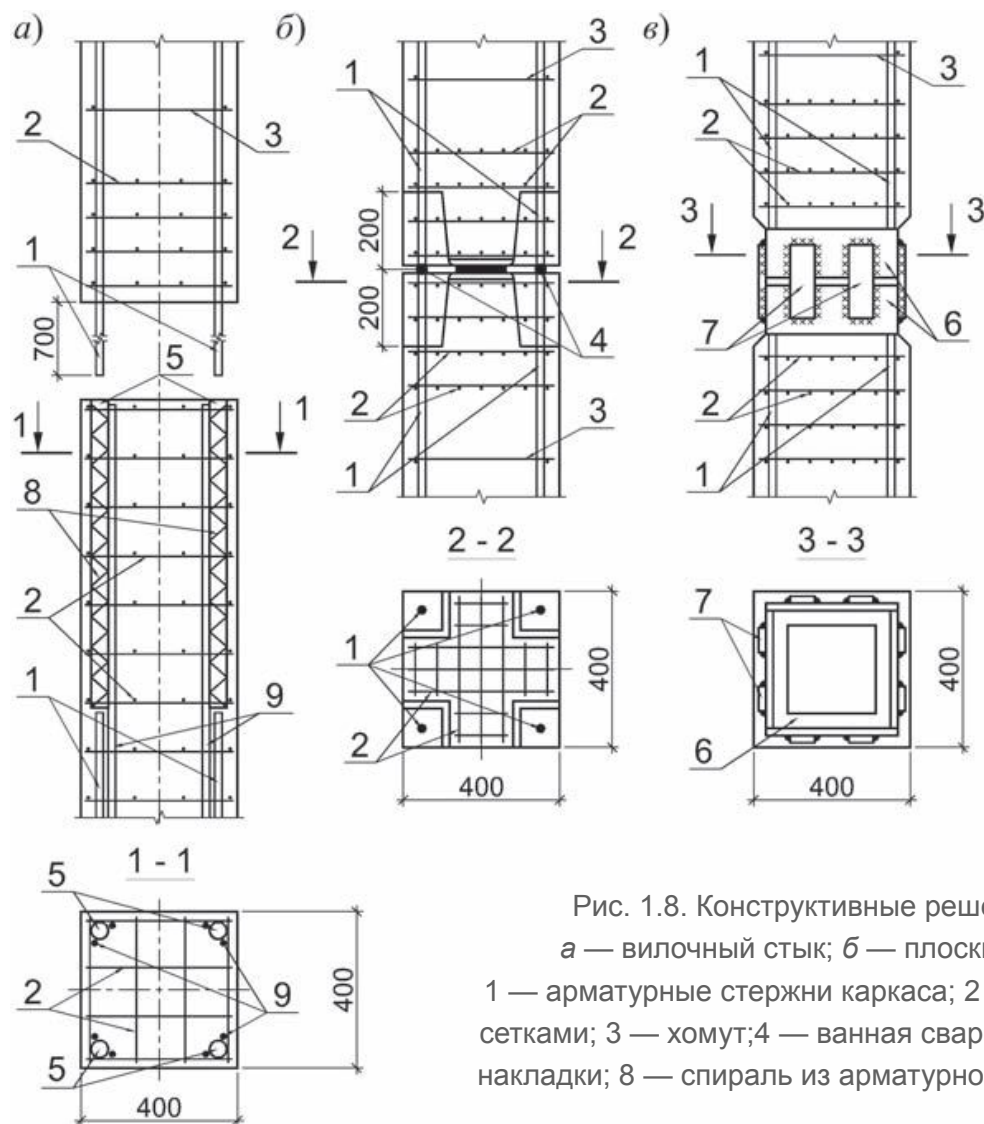


Рис. 1.8. Конструктивные решения жестких стыков железобетонных колонн:

а — вилочный стык; б — плоский стык; в — стык с металлическим оголовком;

1 — арматурные стержни каркаса; 2 — косвенное армирование торцевых частей колонн сетками; 3 — хомут; 4 — ванная сварка; 5 — скважина; 6 — металлический оголовок; 7 — накладки; 8 — спираль из арматурной проволоки; 9 — стержни накладки длиной 1500 мм



1.3. Сопряжение сборных элементов

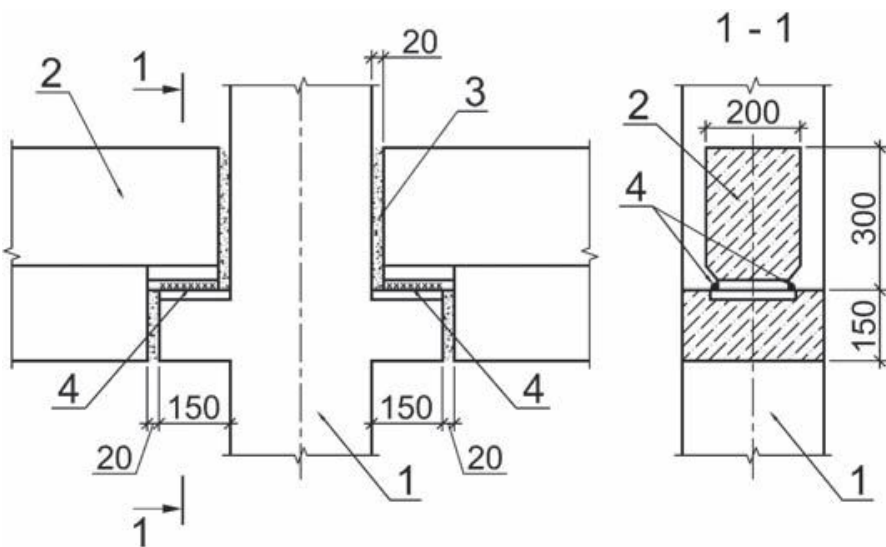


Рис. 1.9. Шарнирный стык соединения ригеля с колонной (серия 1.020):

1 — колонна; 2 — ригель; 3 — цементно-песчаный раствор;
4 — сварной шов

Стыки ригеля с колонной могут быть шарнирными или жесткими. При шарнирном стыке свариваются закладные детали ригеля и колонны в опорной зоне монтажной сваркой. Зазоры между колонной и торцами ригелей зачеканиваются раствором (рис. 1.9).

Жесткий стык выполняется путем сварки нижних закладных деталей опорных участков ригеля и колонн, а также ванной сваркой выпусков рабочей арматуры ригеля и колонны или сваркой металлических стыковочных пластин площадью, установленной расчетом с последующим замоноличиванием стыка (рис. 1.10). Жесткий стык воспринимает усилия M , N и Q , приходящиеся на узел рамы. Площадь стыковочного стержня равна

$$A_s = N/R_s, \text{ где } N = M/z_b$$



1.3. Сопряжение сборных элементов

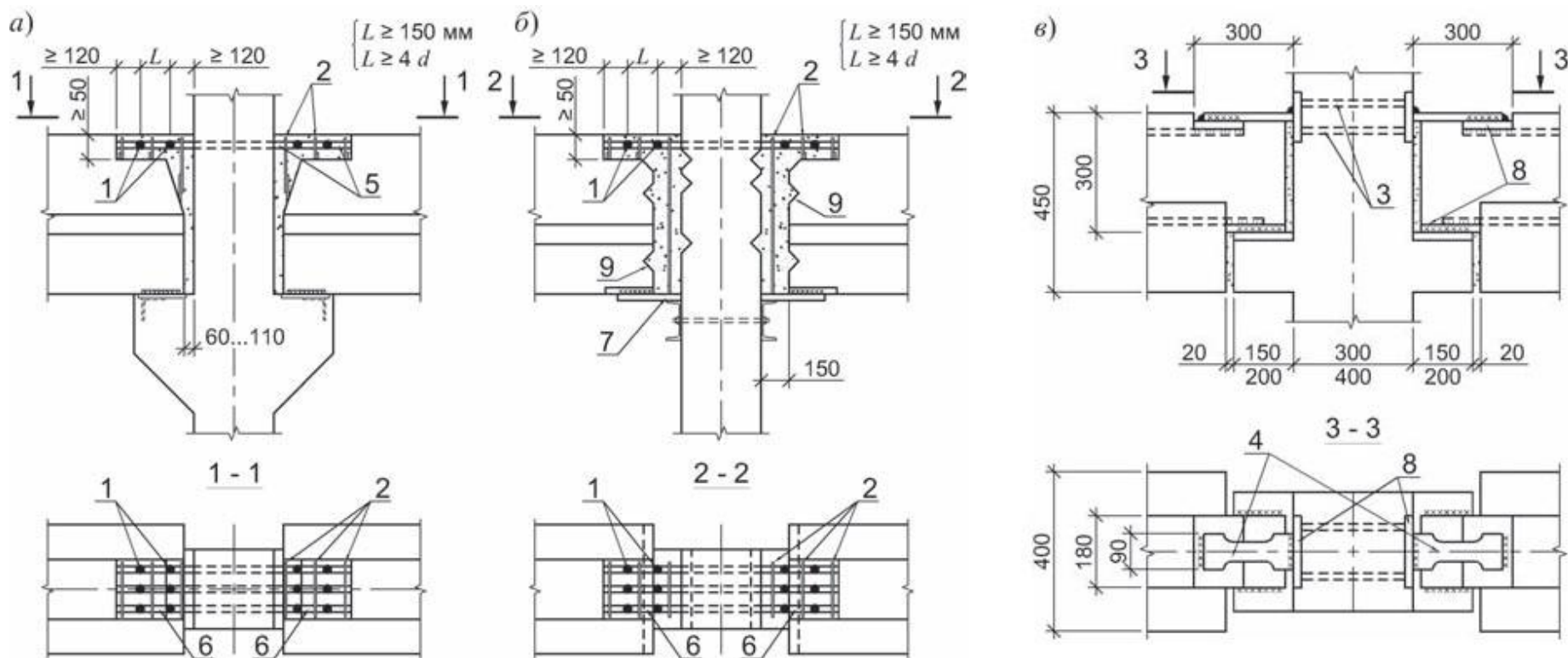


Рис. 1.10. Конструкции стыков сборного ригеля с колонной:

а, б – жесткий стык ригелей с колонной в рамных каркасах; в – стык ригелей и колонн в связевых каркасах;

1 – ванная сварка; 2 – хомуты; 3 – стыковые стержни; 4 – фигурная соединительная пластина «рыбка», привариваемая при монтаже;

5 – арматурные выпуски из ригеля и колонны; 6 – вкладыши из арматуры; 7 – опорный столик; 8 – стальные закладные детали;

9 – углубления для образования бетонных шпонок. L – оптимальная длина вкладыша из арматуры



1.4. Принципы расчета каркасных зданий и диафрагм жесткости

Пространственный расчет каркасных зданий весьма трудоемок, поэтому его выполняют на компьютерах с использованием вычислительных комплексов ЛИРА, МИРАЖ, SCAD и других. Указанные вычислительные комплексы реализуют метод конечных элементов в форме метода перемещений. Расчетную схему пространственного каркаса схематизируют на основе дискретной модели. В большинстве вычислительных комплексов материал конструкции рассматривается как линейно упругий. Существенной частью расчета является разбиение несущего остова здания на конечные элементы. В зависимости от объекта, объема вычислений и целей расчета в качестве конечного элемента может быть выбрана целая конструкция: колонна, ригель, панель, диафрагма или ее часть. При разбиении рамы на конечные элементы линии членения должны совпадать с линиями сопряжения панелей, с краями проемов, включать точки приложения нагрузок и т.п.

При расчете каркасов рамно-связевой или связевой конструктивных схем сборные диафрагмы жесткости соединяются с колоннами посредством связей, обладающих податливостью при растяжении, сжатии и сдвиге.

Исходная информация вводится в программу в виде информационных массивов чисел. Они содержат сведения о конечных элементах, шарнирах, жесткостных характеристиках конечных элементов, координатах узлов, связях, типах и величинах нагрузок.

Результатами решения пространственной задачи являются перемещения узлов в порядке их нумерации. На последующих этапах вычисляются напряжения и усилия в конечных элементах от всех видов загрузки системы постоянной и временной нагрузками, составляются расчетные сочетания усилий, на основании которых определяется армирование элементов по первой группе предельных состояний и из условия ограничения ширины раскрытия трещин.



1.4. Принципы расчета каркасных зданий и диафрагм жесткости

Колонны каркаса рассчитываются на косое внецентренное сжатие со случайными эксцентриситетами в двух направлениях. Эксцентриситеты назначаются при учете нагрузки от вышележащих этажей, а нагрузка от ригелей рассматриваемого этажа считается приложенной с эксцентриситетом e_p :

$$e_p = N_p a / N_u$$

где N_p – разность опорных реакций ригелей; a – расстояние от центра тяжести сечения колонны до точки приложения наибольшей опорной реакции ригеля; $\sum V_j$ – сумма опорных реакций ригелей.

При определении e_p опирание ригелей на колонны условно принимается шарнирным.

При жестком соединении ригелей с колоннами $e_p = M_c / M_b$, где M_c – изгибающий момент, действующий на колонну в рамном узле.

Расчет выполняется на два случая загрузки: полной нагрузкой двух смежных ригелей и второй вариант – при отсутствии полезной нагрузки на одном из них.

Полный расчетный эксцентриситет в плоскости ригелей равен:

$$e = (N_0 * e_0 + N_1 * e_p) / (N_0 + N_1)$$

где N_0 – нормальная сила в колонне от вышележащих этажей;

e_0 – случайный эксцентриситет, назначаемый в соответствии с нормами проектирования железобетонных конструкций.

Вертикальные диафрагмы жесткости рассчитываются как консоли, заделанные в фундаменте. При этом нагрузки на них определяются в предположении абсолютной жесткости дисков перекрытий. Для этого панели перекрытий в каркасных зданиях объединяются в сплошные диски посредством сварки закладных деталей и замоноличивания швов. Диски перекрытий обеспечивают неизменяемость формы здания в плане и, совместно с диафрагмами, общую устойчивость сооружения.

