

«ВОЗВЕДЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ»

1. Общие положения

Высотные здания (выше 17 этажей) чаще бывают компактными, небольших размеров в плане, реже протяженными, многосекционными. Монтаж таких зданий осуществляют методом наращивания с использованием приставных, передвижных и самоподъемных башенных кранов.

Конструктивной основой высотных зданий является стальной, железобетонный или комбинированный каркас с пространственным ядром жесткости или плоскими диафрагмами — **связями**.

При железобетонном каркасе или металлическом, но обетонированном, монтаж последующих ярусов возможен только после заделки стыков колонн, обетонирования металлических колонн нижних ярусов и набора бетоном стыков не менее 70% марочной прочности.

В большинстве высотных зданий предусмотрено ядро жесткости, которое воспринимает горизонтальные нагрузки от примыкающих частей здания и обеспечивает устойчивость и пространственную жесткость всего здания в процессе монтажа и эксплуатации. В некоторых зданиях сначала выполняют монтаж ядра жесткости, например, лифтовой шахты до проектной отметки, а затем — возведение остальных конструктивных элементов (рис. 10.1).

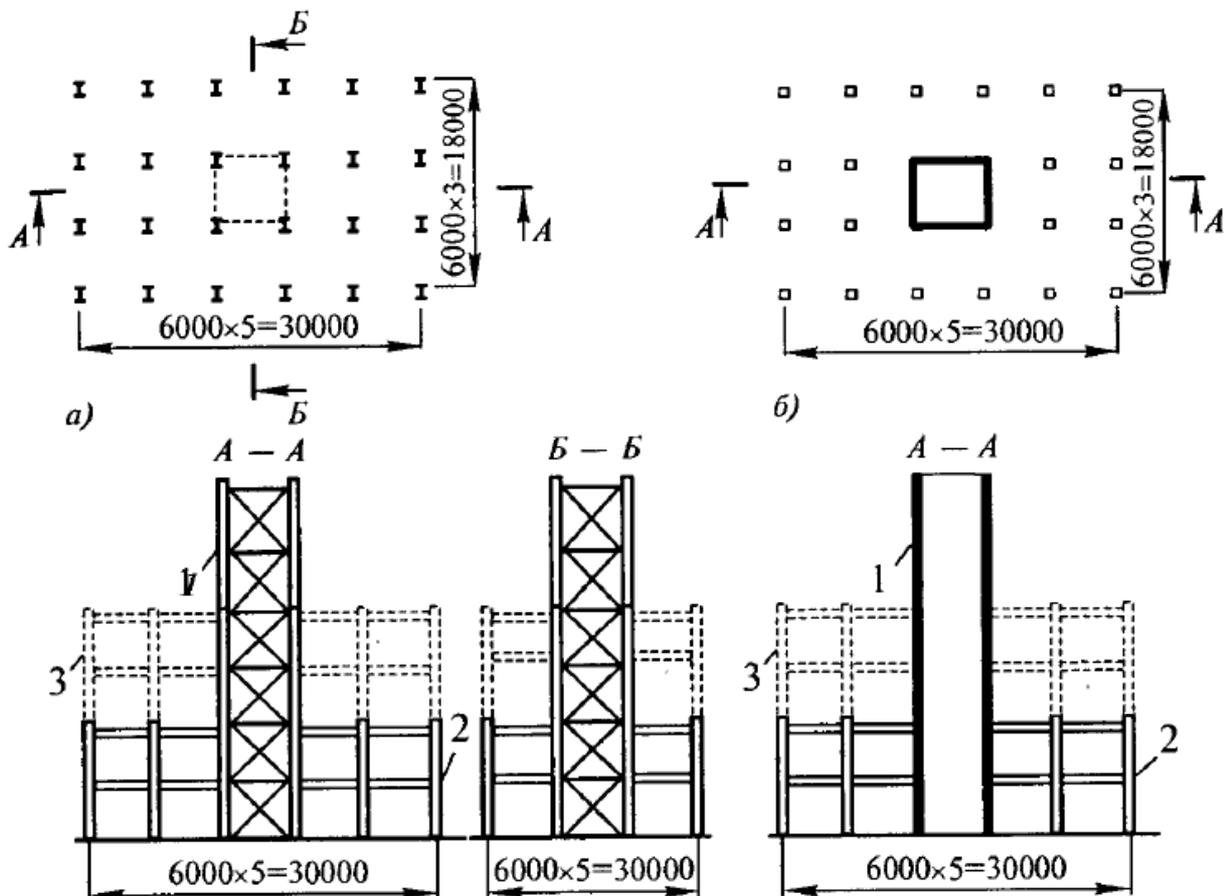


Рис. 10.1. Схемы высотных зданий:

а — со стальным ядром жесткости; б — с железобетонным каркасом; 1 — ядро жесткости; 2 — смонтированная часть каркаса; 3 — монтируемая часть каркаса

Ядро жесткости чаще выполняют в монолитных конструкциях, обычно бетонирование ядра опережает монтаж каркаса на 1...2 яруса. Для надежного соединения каркаса к ядру зда-

ния в стенках ядра жесткости должны быть оставлены штрабы, проемы с оголенными стержнями арматуры для крепления к ним балок каркаса сварными или болтовыми соединениями. Это очень трудоемко, но гарантирует, что монолитное ядро сразу начинает воспринимать горизонтальные нагрузки установленной части каркаса.

По конструктивным особенностям и технологическим условиям бетонирование ядра жесткости может отставать от монтажа каркаса. Это отставание допускает, что смонтированные конструкции сразу свариваются и обетонируются, чем обеспечивается быстрый набор стыками 70%-й прочности. Предельная высота, на которую монтаж может опережать бетонирование ядра жесткости, не должна превышать 8 этажей, обязательным условием при этом должно быть раскрепление каркаса временными вертикальными и наклонными связями. Междуетажные перекрытия обычно устраивают из крупнопанельных элементов, иногда в сборно-монолитном варианте.

2. Применяемые монтажные механизмы

Приставные краны имеют высоту подъема крюка до 100...150 м; треугольные или квадратные жесткие диски, закрепляющие башню крана к каркасу здания, устанавливаются через 15...25 м.

В зданиях высотой свыше 150 м применяют *самоподъемные краны*, размещаемые вне габаритов возводимого здания. Такие краны перемещаются только по вертикали, поэтому их положение в плане определяется радиусом их действия и конфигурацией здания. Обычно принимают такое число самоподъемных кранов, чтобы охватить рабочими зонами все строящееся здание. Каждый кран со своей стоянки монтирует конструкции в пределах одного яруса (двух, трех или четырех этажей), после чего его поднимают на новую стоянку.

Самоподъемные башенные краны решены в универсальном исполнении и перемещаются по высоте внутри одной из ячеек каркаса здания. При обычном решении расположения крана башня в нижней части опирается на опорные балки, обычно расположенные крестообразно. Эти балки имеют по концам поворотные или откидные консоли; опирание крана происходит через эти балки на ригели каркаса здания с помощью съемных хомутов. При необходимости подъема крана консоли убирают, чтобы он, поднимаясь, свободно проходил между ригелями смонтированного каркаса. По высоте перемещается кран с помощью специальной обоймы — пространственной конструкции, которая охватывает башню крана. Конструкция стыков башни позволяет обойме скользить по ней — перемещаться вверх и вниз.

Обойма через свои выносные опорные балки опирается на ригели каркаса. При перестановке крана по высоте первоначально поднимают и устанавливают на верхних ригелях смонтированного каркаса обойму, закрепляют и натягивают подъемный полиспаст, с помощью которого приподнимают башню крана. Откидывают консоли опорных балок, поднимают кран на следующую стоянку через 2...4 этажа, снова разворачивают консоли опорных балок, опускают кран на ригели каркаса, закрепляют опорную площадку хомутами. Обойма при подъеме крана служит направляющей и удерживает башню в вертикальном положении. Полиспаст располагается под центром тяжести крана, что исключает его перекосы при подъеме.

Наземными передвижными кранами можно монтировать здания высотой до 70 м, приставные краны позволяют монтировать здания высотой до 150 м, для самоподъемных кранов высота здания практически не ограничивается.

Самоподъемные и приставные краны могут быть оборудованы горизонтальными стрелами с подвижной кареткой или подъемными стрелами с грузовым полиспастом на конце стрелы.

Для монтажа стальных конструкций каркасов многоэтажных зданий могут быть использованы следующие типы кранов (рис. 10.2):

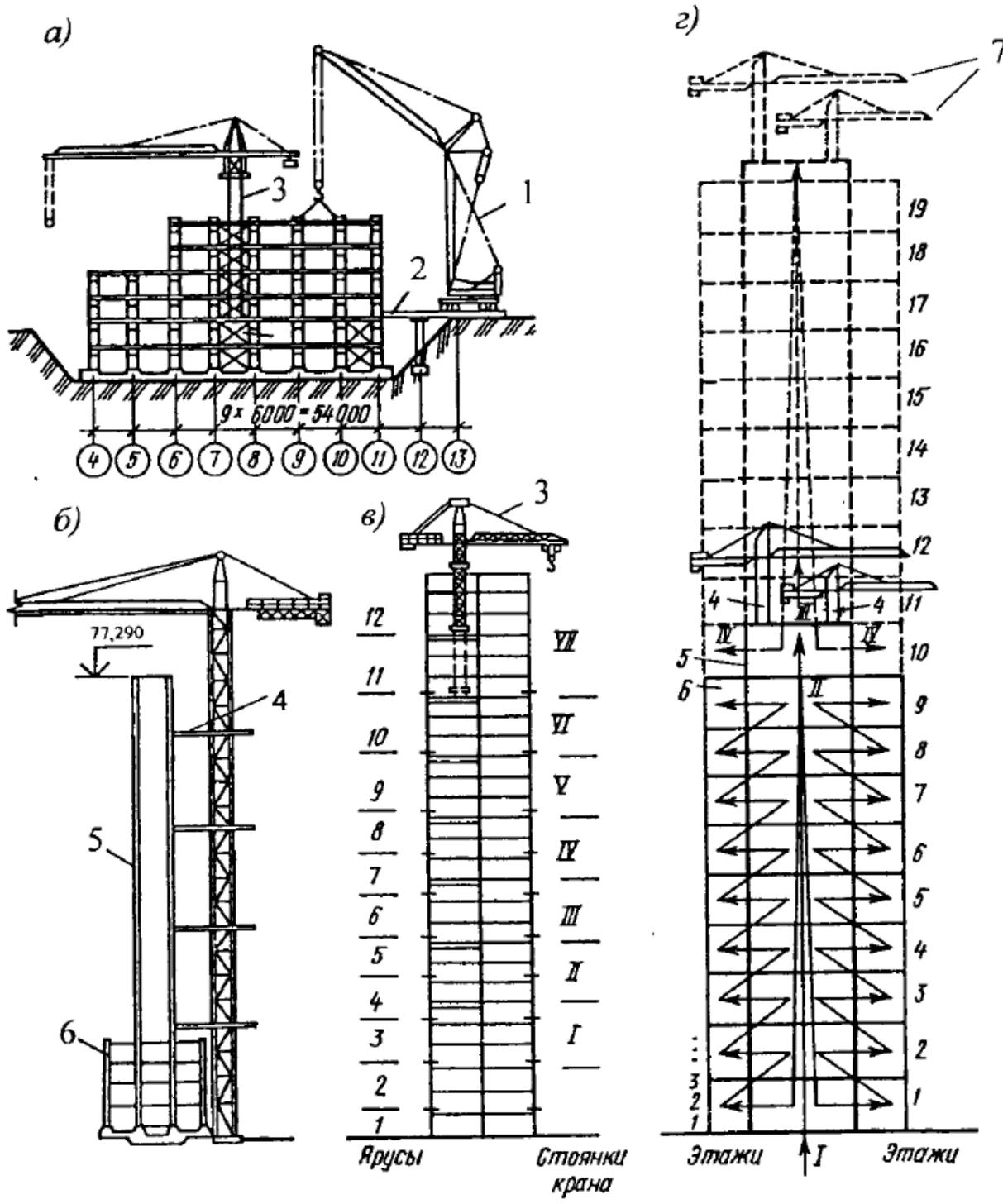


Рис. 10.2. Схемы возведения высотных зданий:

а — передвижным и самоподъемным кранами; б — приставным краном; в — самоподъемным краном; г — двумя самоподъемными кранами; 1, 3, 7 — монтажные краны; 2 — путь движения крана; 4 — монтажные связи крана; 5 — ядро жесткости; 6 — стальной каркас; I..VII — этапы работ

- наземные — башенные, гусеничные (в башенно-стреловом исполнении), рельсовые, пневмоколесные; они должны иметь значительную высоту подъема при необходимой грузоподъемности;
- самоподъемные башенные, устанавливаемые внутри контура здания и опирающиеся на смонтированные конструкции.

Краны передвигаются вверх по мере выполнения крановой сборки и крепятся к каркасу здания (рис. 10.3);

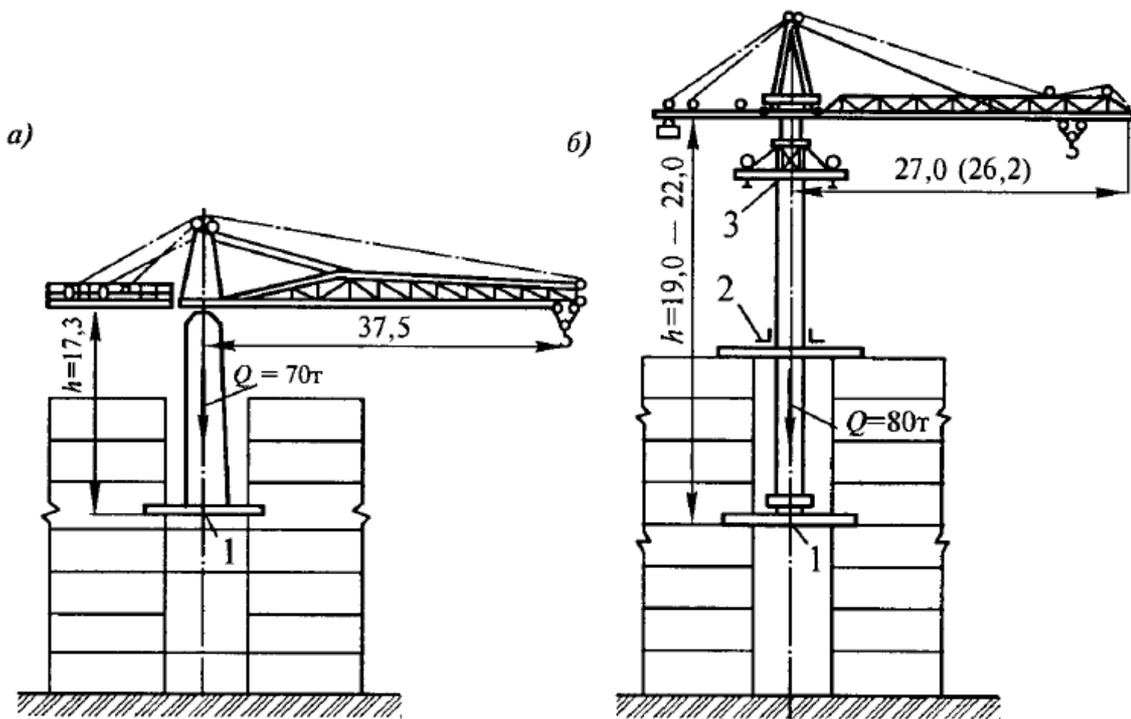


Рис. 10.3. Схемы самоподъемных кранов для монтажа высотных зданий:

а — краны типа УБК с заземлением в горизонтальной плоскости; б — краны типа СБК с заземлением в вертикальной плоскости; 1 — нижняя опора; 2 — верхняя опора для восприятия горизонтальных реакций; 3 — подвижная обойма для самоподъема крана на следующую стоянку

- стационарные приставные краны, устанавливаемые на земле, вне контура здания, и подращиваемые по мере крановой сборки, с закреплением башни к каркасу здания распорками-обоймами;
- комбинированные передвижно-приставные краны, используемые до отметок 50...55 м как свободностоящие и передвигающиеся по подкрановым путям, а на более высоких отметках работающие как стационарные приставные.

3. Способы монтажа зданий

3.1. Монтаж зданий при железобетонном каркасе

Для сокращения сроков строительства и ускорения производства работ здание разбивают на захваты и рабочие участки. Возведение здания осуществляют по одно- или двухзахватной системе. Захваты обычно ограничиваются температурными швами, каждая захватка делится на два участка. Если на первом участке захватки осуществляют монтаж, то на втором в это же время на ранее смонтированных элементах осуществляют окончательную сварку стыков и их заделку и заливку швов. Работы организуют вертикальным потоком при поэтажном монтаже или последовательными ярусами сразу на высоту яруса. Ярус по высоте обычно составляет 2...4 этажа и зависит от конструктивных особенностей здания и принятой высоты колонн. Иногда применяют неразрезные колонны на высоту сразу 6 этажей, высота монтажного яруса в этом случае также составит 6 этажей. Одноэтажную разрезку применяют крайне редко, обычно при использовании в каркасе рамных железобетонных элементов.

В зависимости от конструктивного решения наиболее распространены следующие типы зданий:

- *со сборным каркасом и самонесущими стенами.* Каркас таких зданий в поперечном направлении komponуют из жестких рам. В продольном направлении колонны соединяют жестким диском-перекрытием, передающим горизонтальные усилия на стены;

- *со сборным каркасом и навесными панелями.* При таком решении каркас выполняют рамной конструкции в двух направлениях, а при наличии рам только в одной плоскости, в другой ставят связи;

- *рамной конструкции с безбалочным перекрытием.* Основными элементами каркаса являются колонны со стыками через 2 этажа, ригели, плиты перекрытий и стеновые панели.

Возведение высотного здания подразделяют на следующие этапы:

- возведение подземной части здания;
- бетонирование ядра жесткости;
- монтаж сборных конструкций или возведение монолитного каркаса;
- монтаж перегородок;
- отделочные работы.

Монтаж конструкций каркаса включает установку конструкций в проектное положение, их выверку, сварку стыковых соединений, противокоррозионную защиту, заделку стыков и швов. Указанные процессы обычно выполняют двумя смежными потоками:

- 1) устанавливают элементы каркаса, осуществляют сварку и антикоррозионную защиту конструкций;

- 2) осуществляют замоноличивание монтажных стыков, узлов, заливку швов плит перекрытий и бетонирование монолитных участков каркаса.

Монтаж конструкций каркаса здания начинают с установки колонн. Качество всех смонтированных конструкций в значительной мере зависит от точности установки колонн в плане и по высоте, поэтому их выверке необходимо уделить большое внимание.

Колонны первого яруса заделывают в стаканах фундаментов, на последующих ярусах колонны временно закрепляют в кондукторах. Применяют кондукторы на одну, две и четыре колонны. При применении групповых кондукторов на четыре колонны в работе должно быть не менее двух кондукторов, что позволит одновременно монтировать три смежные ячейки.

При установке ригелей и плит групповой кондуктор служит в качестве подмостей. После выполнения в ячейке сварки всех стыков кондуктор перемещают на следующую стоянку.

При использовании кондукторов выверку каждой колонны по осям осуществляют с помощью винтовых устройств кондукторов, обеспечивающих принудительную выверку колонн и временное их закрепление, которое может выполняться также с помощью инвентарных расчалок или жестких подкосов с винтовыми муфтами, подкосы закрепляют к закладным петлям ранее установленных конструкций.

Работы второго потока осуществляют непосредственно после установки и выверки конструкций каждого яруса отдельного монтажного участка на захватке.

Элементы каркаса устанавливают в последовательности, обеспечивающей создание замкнутых ячеек каркаса и, следовательно, устойчивость смонтированных конструкций. При самоподъемном кране сначала устанавливают конструкции ячеек, расположенных вблизи крана, затем — более удаленных.

При каркасе из сборных железобетонных конструкций его жесткость и устойчивость обеспечиваются не только прочностью самих конструкций, но и прочностью стыков колонн, всех остальных стыков элементов каркаса. Запрещается приступать к монтажу конструкций последующего этажа, пока не будут закреплены сварными соединениями все стыки и узлы предыдущего.

В железобетонных каркасах с плоскими вертикальными диафрагмами жесткости монтаж конструкций каждого яруса (этажа) выполняют в такой последовательности:

- 1) колонны, диафрагмы жесткости, ригели;
- 2) наружные стеновые панели, оставшиеся внутренние панели и перегородки;
- 3) лестничные площадки и марши, плиты перекрытий.

Широкое распространение получило использование крышевых кранов для монтажа стеновых панелей, других элементов ограждения. Они применимы для бетонирования верхних ярусов ядра жесткости на высоту до 6 этажей, для подачи на высотные приемные площадки бетона, раствора, мелкоштучных и сыпучих материалов, санитарно-технического оборудования, столярных изделий и т. д.

Монтаж стеновых панелей либо совмещают с монтажом каркаса и ведут параллельно, либо их навешивают сразу на всю высоту здания после окончания возведения каркаса. Во втором случае для монтажа стеновых панелей может быть задействован крышевой кран.

Элементы железобетонного каркаса устанавливают в последовательности, обеспечивающей создание замкнутых ячеек каркаса. Все несущие конструкции и связи необходимо закреплять сразу после выверки элементов каждой ячейки. Особое внимание необходимо уделить правильности положения колонн в плане и обеспечению их вертикальности. Для этого колонны устанавливают с помощью одиночных, групповых кондукторов и РШИ, с применением подкосов и гибких расчалок.

Межколонные плиты-распорки укладывают сразу после ригелей, их приваривают к закладным деталям, расположенным на опорных гранях ригелей и элементов стен жесткости. Рядовые плиты приваривают к закладным деталям обязательно в трех узлах. Качество приварки каждой плиты необходимо проконтролировать до укладки соседней плиты.

3.2. Монтаж зданий при стальном и смешанном каркасах

Высота каркаса может достигать 200 м и более, а общая масса — десятков тысяч тонн. Стальной каркас высотного здания состоит из колонн и ригелей, соединенных в двух направлениях жесткими сварными узлами в рамные системы, воспринимающие вертикальные и горизонтальные (ветровые) нагрузки. Колонны изготавливают сварными с использованием, по возможности, стандартных прокатных профилей. Наиболее часто встречаемые сечения — двутавровое, квадратное и крестовое. Торцы у колонн обычно фрезеруют. Стыки стальных колонн выполняют с фрезерованными торцами. Во избежание возможного неточного совпадения торцов в плане в верхнем торце предусмотрена строганая плита. Стыки колонн после закрепления болтами и выверки проваривают по контуру.

Стыки колонн каркаса располагают через каждые два, три или четыре этажа на одном уровне и для удобства производства монтажных соединений находятся на высоте 80... 120 см от уровня перекрытий. Для обеспечения долговечности и огнестойкости стальной каркас армируют и обетонируют, что с учетом включения в работу на сжатие бетона приводит в целом к снижению расхода металла.

Стальные ригели каркаса обычно бывают двутаврового сечения, сварные, с уширенной нижней полкой, на которую укладывают плиты междуэтажных перекрытий.

Междуэтажные перекрытия каркаса могут компоноваться:

- из главных и второстепенных балок (при стальном каркасе здания) с укладкой по ним сборных плит или бетонированием монолитного перекрытия;
- только из главных балок (ригелей) с уширенной полкой, на которую укладывают сборные железобетонные плиты перекрытий;
- из распорных железобетонных плит, укладываемых только по оси колонн, с закладными деталями для сопряжения сварными накладками плит смежных пролетов и ригелей;
- из унифицированных, облегченных или многопустотных плит перекрытий, свободно укладываемых в пазы стальных или железобетонных ригелей, но не привариваемых к ним из-за отсутствия закладных деталей.

В несущих каркасах ряда зданий предусматривается на всю высоту устройство замкнутой шахты из четырех взаимно перпендикулярных вертикальных жестких плоскостей из стальных или железобетонных конструкций. Эта шахта воспринимает все горизонтальные нагрузки на здание и обеспечивает его общую устойчивость. Такая шахта называется шахтой

жесткости, или ядром жесткости. Все остальные элементы каркаса должны крепиться к этому ядру жесткости, а каждое перекрытие представлять единую жесткую и неизменяемую горизонтальную плоскость или жесткий плоский диск. Все примыкающие к ядру жесткости элементы несущего каркаса здания работают в этом случае только на вертикальную нагрузку.

Возведение зданий со стальным каркасом можно осуществлять отдельным и комплексным методами. При *раздельном методе* сначала на всю высоту монтируют стальной каркас, затем начинают общестроительные работы. Достоинство такого решения — более широким фронтом, большим количеством кранов можно вести монтажные работы одновременно на нескольких захватках, затем также по всему зданию и общестроительные работы. Но при таком решении требуется обеспечение повышенной жесткости каркаса в процессе монтажа, что приводит к дополнительному расходу металла. По этой причине при комплексном методе на 30...40% сокращается расход металла на каркас здания.

При *комплексном методе* возведения здания одновременно выполняют монтажные, строительные, специальные и отделочные работы. Монтаж металлоконструкций осуществляют на верхнем ярусе (верхних двух-четырех этажах): на самом верш — монтаж, несколько ниже — выверку и в нижней части яруса — окончательную сварку и клепку монтажных соединений.

Одновременно, с отставанием на 2...3 этажа (на следующем ярусе), ведут монтаж сборных железобетонных перекрытий. При большем разрыве по высоте укладка плит будет затруднена вышерасположенным металлическим каркасом. С отставанием еще на 4...5 этажей осуществляют обетонирование каркаса, устройство монолитных участков перекрытий. Еще ниже по вертикали выполняют установку оконных переплетов с остеклением, ниже оштукатуривание, еще ниже — другие отделочные и специальные работы. Таким образом, работы по возведению здания ведут одновременно на 8... 10 этажах.

В сборно-монолитном конструктивном решении в одном цикле совмещают монолитные и сборные процессы, последовательность их выполнения определяется конструктивными особенностями здания.

3.3. Обеспечение устойчивости каркаса в период монтажа

Монтаж конструкций многоэтажных зданий требует неукоснительного соблюдения следующего правила: не приступать к установке конструкций следующего яруса (высоту яруса определяет длина отправочного элемента колонны) до выверки и надежного закрепления нижележащего. Это требование продиктовано необходимостью обеспечения прочности и устойчивости здания на протяжении всего периода его возведения.

В процессе крановой сборки каркаса на высоту 5...6 этажей должны быть выполнены следующие требования:

- проверена устойчивость каркаса в процессе монтажа в соответствии с рекомендованной в ППР очередностью крановой сборки;
- предусмотрена установка временных монтажных связей между колоннами, обеспечивающих их устойчивость до набора прочности замоноличенных стыков в плитах перекрытий;
- проектно закреплены вертикальные связи, рамные узлы сопряжения ригелей с колоннами;
- выполнено устройство жестких междуэтажных перекрытий, обеспечивающих общую устойчивость здания;
- осуществлена проверка прочности отдельных элементов каркаса и узлов на нагрузки от самоподъемных и приставных кранов в местах их опирания на каркас.

Монтаж стального каркаса здания следует выполнять поярусно — в первую очередь необходимо смонтировать все элементы ядра жесткости и тщательно их выверить. Временное закрепление колонн при монтаже выполняют с помощью кондукторов или инвентарных расчалок, обеспечивающих устойчивость колонн до раскрепления их

постоянными проектными элементами связей, которые уже обеспечивают устойчивость смонтированной части сооружения. Если проектных связей недостаточно для обеспечения жесткости каркаса, устанавливают временные связи. Проектное закрепление колонн выполняют сразу после монтажа и выверки элементов ячейки — четырех колонн, связанных ригелями.

Приступать к монтажу следующего яруса можно только после проектного закрепления всех элементов предыдущего и, если это необходимо, установки временных связей, обеспечивающих устойчивость сооружения.

При монтаже многоэтажных зданий из сборного железобетона основным требованием к производству работ является обеспечение прочности и устойчивости не только смонтированной части сооружения, но и отдельных конструктивных элементов. Требования СНиП о достижении проектной прочности бетона в замоноличенных стыках и узлах несущих конструкций нижерасположенного яруса может значительно снизить темп крановой сборки и удлинить общие сроки монтажа каркаса здания, особенно в зимнее время.

Для частичного выполнения этих требований и продолжения монтажа каркаса, не ожидая набора бетоном требуемой прочности, необходимо:

- во всех элементах каркаса (колонны, ригели, плиты перекрытий) предусмотреть закладные детали, приварка которых после установки конструкции в проектное положение уже обеспечивает устойчивость и снижает риск деформирования каркаса до замоноличивания монтажных сопряжений;

- установить временные монтажные вертикальные связи между колоннами или горизонтальные связи над междуэтажными перекрытиями в крайних пролетах, обеспечивающие их устойчивость до набора прочности замоноличенных узлов и стыков в плитах перекрытий;

- проверить прочность элементов и узлов на нагрузки от самоподъемных кранов в местах их опирания на эти элементы;

- проверить устойчивость каркаса в процессе монтажа с учетом принятой в ППР очередности крановой сборки и замоноличивания стыков и узлов;

- обеспечить совместную работу каркаса стенок монолитной шахты жесткости и постоянных связей, обеспечивающих устойчивость ядра жесткости.

В состав унифицированных каркасов многоэтажных и высотных зданий включены распорные плиты, которые устанавливают по оси колонн и в которых предусмотрены закладные детали, позволяющие соединить между собой стыковыми накладками плиты двух смежных пролетов. Поэтому для включения в работу всего диска междуэтажного перекрытия каждого этажа, обеспечивающего устойчивость смонтированной части каркаса, все узлы сопряжений плит с ригелями и колоннами, а также швы между плитами должны быть замоноличены немедленно после окончания монтажа каждого этажа (яруса).

4. Отделочные работы

Отделочные работы могут совмещаться с монтажом каркаса и общестроительными работами, либо выполняться сразу на всю высоту здания после завершения монтажных работ. При совмещении к отделочным работам приступают на первом этаже первой захватки, когда монтажники начинают монтаж конструкций на 6... 10 этажах на второй захватке. Затем они меняются захватками до полного окончания монтажа, когда все пространство на обеих захватках передается отделочникам. Отделочные работы ведут снизу вверх, для гарантии от протечек на уровне одного из смонтированных перекрытий устраивают гидроизоляцию. Если отделочные работы выполняют после завершения монтажных, их ведут сверху вниз, что наиболее оптимально по технологии; увеличивается фронт работ отделочников, улучшаются условия работы.

Монтаж лифтов выполняют параллельно с возведением здания, его желательно завершить и пустить лифты непосредственно после окончания монтажных и кровельных работ.