

**Е.Л. Новосельцева**

**ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие  
по дисциплине «Технология строительного производства»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет строительства и архитектуры

Кафедра строительного производства

**Е.Л. Новосельцева**

## **ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие  
по дисциплине «Технология строительного производства»

УДК 69 (07)

Н 76

Рекомендовано к изданию методическим советом

факультета строительства и архитектуры

ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Допущено для направления «Строительство» профиль

«Промышленное и гражданское строительство»

Рецензент: начальник отдела компании

«Технониколь» К.Н. Сухих

Профессор кафедры СК Ю.Тюкалов

Новосельцева Е.Л. Технология строительного производства: учебное пособие по дисциплине «Технология строительного производства», направление «Строительство» профиль «Промышленное и гражданское строительство» / Е.Л. Новосельцева. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2013. – 286 с.

УДК 69 (07)

Н 76

Компьютерная верстка Е.Л. Новосельцева

Редактор

© Новосельцева Е.Л., 2013

© ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2013

## Содержание

<b>МОДУЛЬ 1. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ПЛОЩАДКИ .....</b>	<b>7</b>
Лекция 1.1 Инженерная подготовка площадки. Охрана окружающей среды. Вариантное проектирование .....	7
<b>МОДУЛЬ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>19</b>
Лекция 2.1 Вертикальная планировка. Разработка котлованов и траншей ...	19
Лекция 2.2. Открытый способ возведения подземных сооружений. Закрытые способы возведения подземных сооружений.....	34
Лекция 2.3. Опускной колодец, щитовая проходка, прокол, продавливание	40
Лекция 2.4 «Стена в грунте» .....	52
<b>МОДУЛЬ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ ИЗ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....</b>	<b>63</b>
Лекция 3.1 Возведение одноэтажных промышленных зданий .....	63
Лекция 3.2 Возведение многоэтажных каркасных зданий .....	87
Лекция 3.3 Возведение крупнопанельных зданий.....	106
Лекция 3.4 Возведение крупноблочных и объемно-блочных зданий .....	127
Лекция 3.5 Пространственные покрытия. Оболочки .....	140
Лекция 3.6 Мембранные покрытия .....	153
Лекция 3.7 Вантовые покрытия. Структуры .....	159
<b>МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА .....</b>	<b>169</b>
Лекция 4.1 Виды монолитных зданий и типы опалубки. Щитовая опалубка .....	169
Лекция 4.3 Несъемная опалубка. Пневмоопалубка .....	204
<b>МОДУЛЬ 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ ИЗ КИРПИЧА .....</b>	<b>215</b>

Лекция 5.1 Конструктивные схемы кирпичных зданий. Монтаж сборных конструкций. Техника безопасности. Контроль качества .....	215
<b>МОДУЛЬ 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>233</b>
Лекция 6.1 Виды высотных сооружений. Методы возведения .....	233
Лекция 6.2 Возведение резервуаров.....	245
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>258</b>

## **Модуль 1. Инженерная подготовка площадки**

### **Лекция 1.1 Инженерная подготовка площадки. Охрана окружающей среды. Вариантное проектирование**

Организационные подготовительные мероприятия, к ним относятся получение разрешительной документации:

1. на отвод земельного участка для ведения строительных работ (или документ о покупке земельного участка);
2. разрешение на производство строительных работ;
3. использование существующих транспортных и инженерных коммуникаций;
4. подключение, отключение или прокладка новых подземных коммуникаций.

Заказчик в первую очередь обеспечивает документацию с разрешением на отвод земельного участка и производства работ. Выдаются органами власти, занимающимися этими вопросами.

Отведенный под строительство участок заказчик передает подрядчику по акту.

Основываясь на решение об отводе земельного участка, заказчик обеспечивает своевременное освобождение строительной площадки от расположенных на ней зданий и сооружений, инженерных коммуникаций и земельных насаждений. Для этой цели оформляют соответствующие документы и передают строительной организации.

Подключение к существующим сетям выполняет организация, эксплуатирующая данный вид сетей.

## **Состав и назначение работ по инженерной подготовке площадки к строительству**

К внеплощадочным подготовительным работам можно отнести: строительство подъездных дорог, линий связи и электропередач с трансформаторными подстанциями, водопроводных и канализационных сетей, выполнение вскрышных работ на участках, отведенных под карьеры и резервы.

К внутриплощадочным подготовительным работам относятся:

### 1. Создание геодезической разбивочной основы

В состав геодезических работ в строительстве входит:

- а) организация геодезической разбивочной основы;
- б) проведение разбивочных работ в процессе строительства;
- в) геодезический контроль точности выполнения СМР;
- г) наблюдение за деформациями строящихся зданий и сооружений.

Создание геодезической основы до начала строительства является обязанностью заказчика. В процессе строительства геодезические работы и исполнительные съемки выполняет подрядчик (геодезист).

Геодезическая разбивочная основа включает разбивочную сеть и разбивку красных линий (рис.1) строительной площадки, внешнюю и внутреннюю разбивочные сети здания, разбивку осей линейных сооружений и нивелирные сети.

Последующие элементы геодезической разбивочной основы рекомендуется выполнять после расчистки территории, освобождения её от строений подлежащих сносу и вертикальной планировки (при необходимости).

Разбивочная сеть с размерами сторон 50, 100, 200 м строительной площадки создается для выноса в натуру главных разбивочных осей, для построения внешней разбивочной сети зданий и производства исполнительных съёмок (рис. 2).

Для определения границ строительной площадки проводят разбивку красных линий.

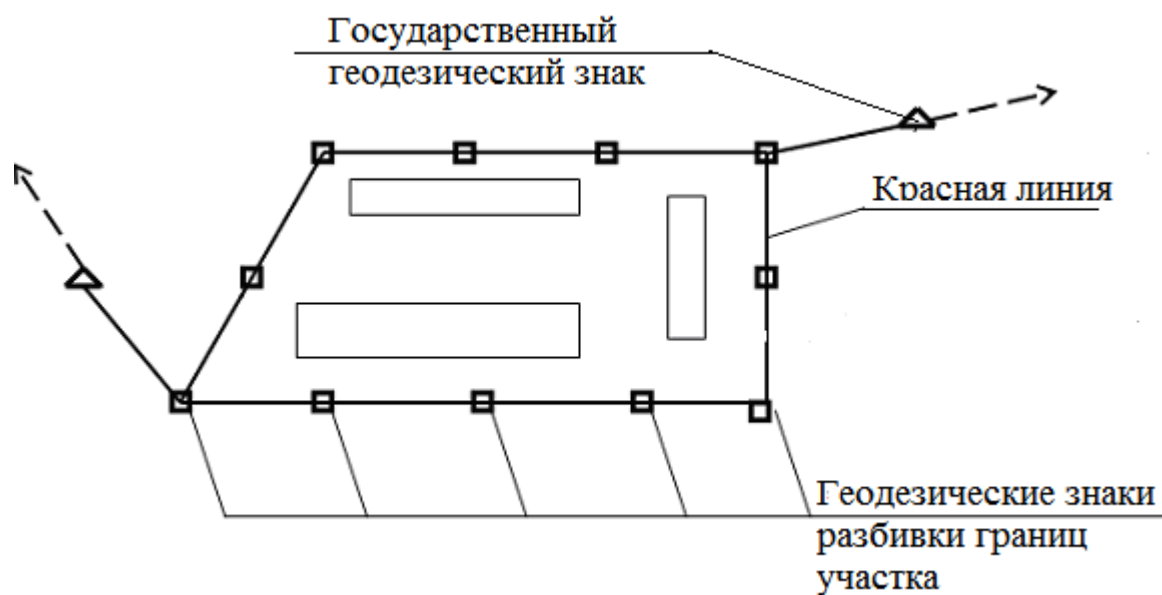


Рис. 1. Разбивка красных линий строительной площадки

При создании внешней разбивочной сети здания на основе разбивочной сети стройки закрепляют главные разбивочные оси здания и углы сооружений, образованные пересечением осей здания (рис. 3).

На каждой разбивочной оси не менее 4-х геодезических знаков.

Нивелирную внешнюю сеть здания создают от нивелирной сети строительной площадки, в виде нивелирных ходов опирающиеся не менее чем на 2 репера. Пункты нивелирной и плановой сети, как правило, совмещают. Места устройства знаков закрепления основных и главных разбивочных осей здания выбирают вне зоны складирования и проездов, чтобы обеспечить их сохранность и свободный доступ, а также, чтобы не было препятствий при переносе осей на монтажные горизонты.

Места закладки геодезических знаков указываются на стройгенплане. Для зданий до 5-ти этажей, сооружений до 15 м с продолжительностью стро-

ительства до 6-ти месяцев геодезические знаки закрепляются металлическими стержнями или трубой, забиваемыми в грунт на 50 см и ограждения его (рис. 4).

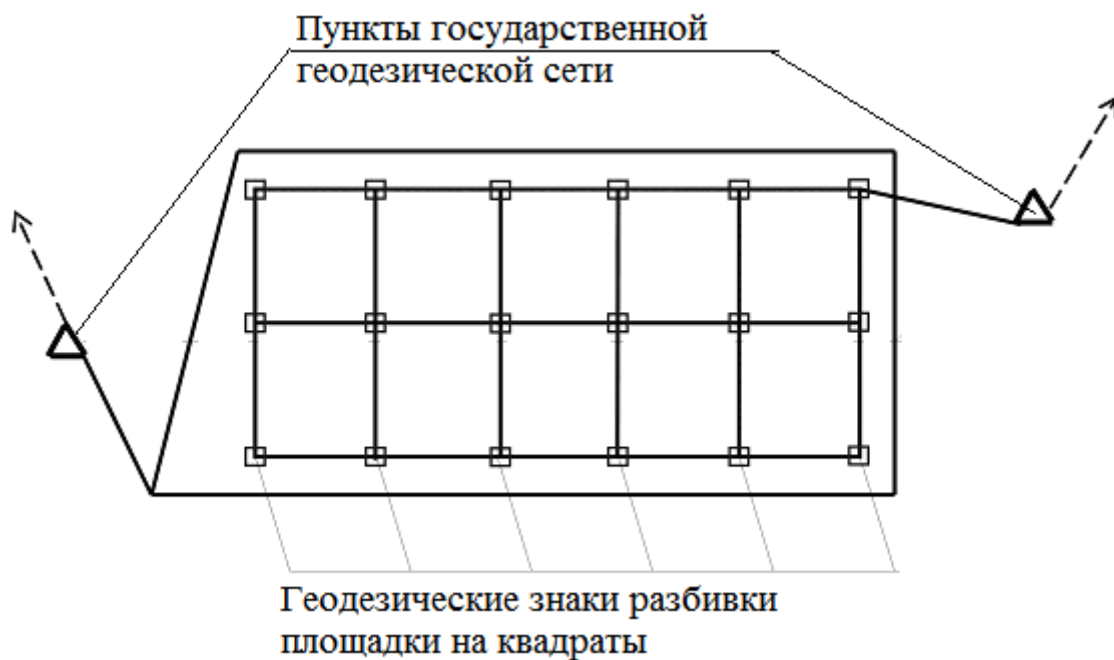


Рис. 2. Разбивка площадки на квадраты

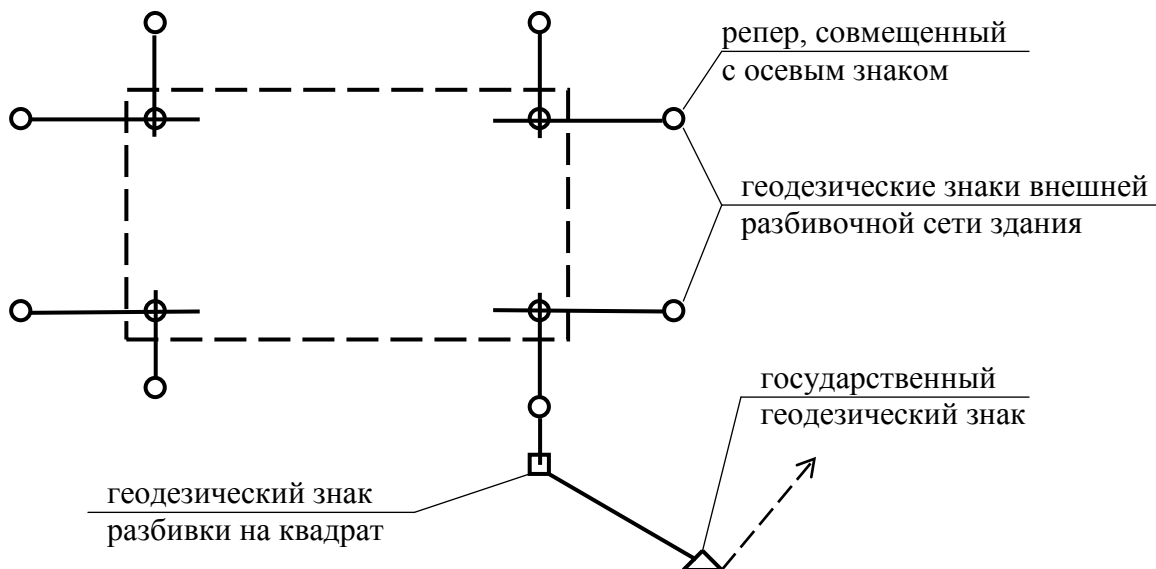


Рис. 3. Разбивка основных осей

Для зданий, продолжительностью строительства более 6-ти месяцев устанавливают круглые бетонные столбы с металлической трубой в центре на глубину ниже промерзания.

Осевые геодезические знаки линейных сооружений устраиваются в начале и в конце, а также через 500 м по трассе.

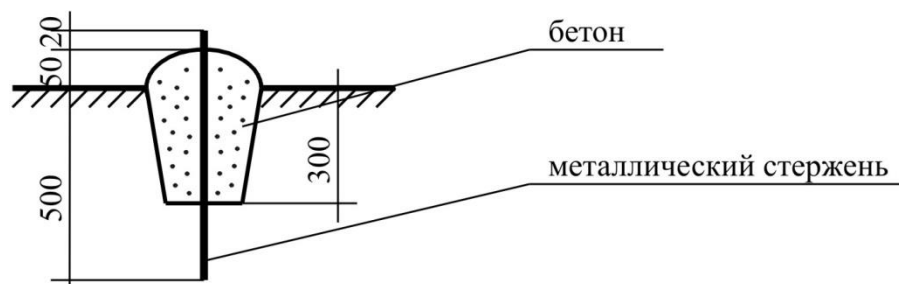


Рис. 4. Закрепление геодезического знака

Внутренняя разбивочная сеть здания создается в виде сети геодезических пунктов на исходном горизонте здания с привязкой к пунктам внешней сети.

Разбивочные оси, монтажные риски на этажах наносятся от геодезических знаков внешней или внутренней разбивочной сети здания.

Знаки геодезической разбивочной сети проверяют инструментально не реже 2-х раз в год.

Геодезическую разбивочную сеть заказчик должен передать подрядчику не менее чем за 10 дней с технической документацией и закрепленными знаками.

Для зданий более 9-ти этажей разрабатывается проект производства геодезических работ.

До начала производства работ подземной части, для детальной разбивки осей здания, разбивочные оси переносятся на обноску, устраиваемую по периметру.

Обноску устраивают на расстоянии  $3 \div 4$  м от наружной стены здания, чтобы не мешать производству работ. Устанавливают параллельно основным осям с использованием теодолита. На обноске обозначаются оси и отметки, перенесенные от внешней разбивочной оси с закрепленных геодезических знаков.

Обноска может быть инвентарной металлической или одноразовой деревянной. Обноска может быть сплошной - с местами для проезда транспорта или прерывистая (рис. 5). Стойки не совпадают с осями. Высота стоек 2 м. Верхнюю грань досок или металлического уголка устанавливают по нивелиру и по возможности на уровне нулевой отметки.

На деревянной обноске оси наносятся гвоздями или пропилами. На металлической обноске оси наносятся краской и нумеруются.

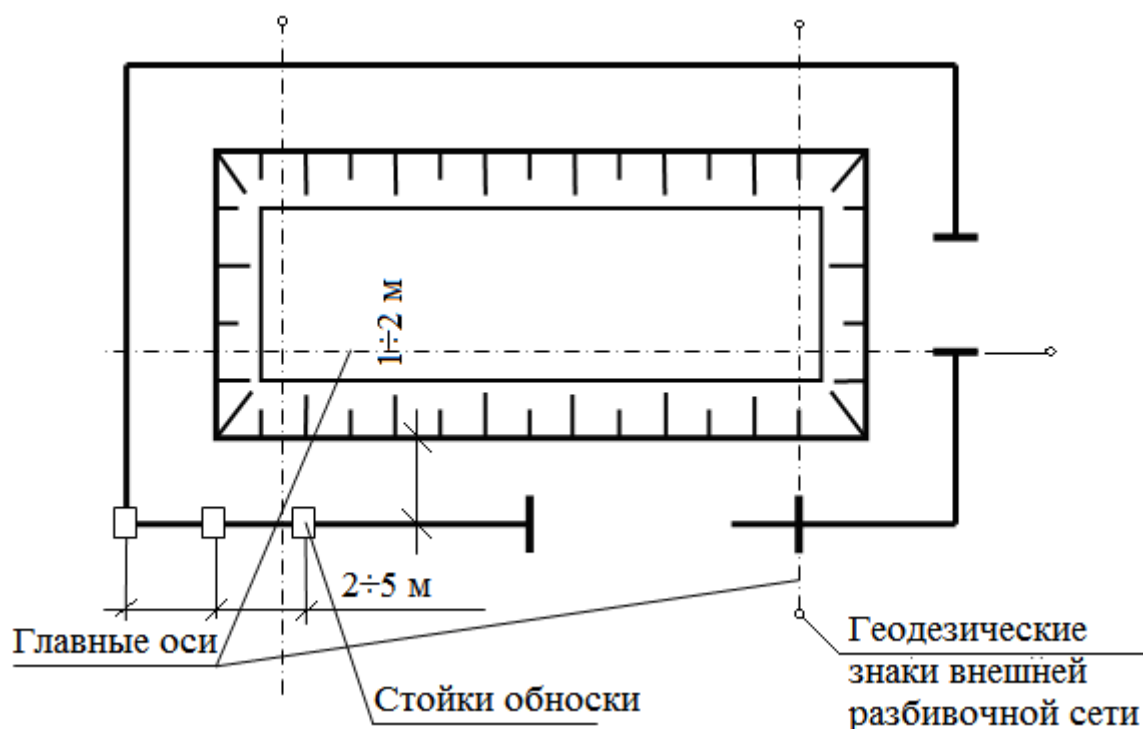


Рис. 5. Устройство обноски

Обноску используют только в начальный период строительства. Поэтому после возведения подземной части основные разбивочные оси здания переносят на его цоколь, используя их в дальнейшем для переноса разбивоч-

ных осей на этажи здания. Число опорных точек, передаваемых на этаж, устанавливают в зависимости от размеров здания, но их должно быть не менее трех (методом вертикальной плоскости).

При передаче отметок на этажи используют рейки и два нивелира. Геодезические разбивочные работы на этажах здания или сооружения заключаются в построении установочных рисок, фиксирующих положение конструкции, при этом разбивают не сами оси, а линии им параллельные в зависимости от толщины конструкции. При использовании РШИ на монтажный горизонт передают продольную среднюю ось и одну поперечную ось.

### **Срезка растительного слоя**

Для срезки растительного слоя чаще всего используют бульдозеры. Грунт срезают в промежуточные валики, окучивают для погрузки экскаватором или тракторным погрузчиком, применяют при расстоянии транспортирования грунта до 3 км. При использовании скрепера для срезки растительного слоя грунт перемещают во временные отвалы или же отвозят и укладывают слоем необходимой толщины на площадях, подлежащих озеленению или рекультивации. Снятие растительного слоя производят непосредственно перед производством работ.

Для защиты площадки от затопления поверхностными (чужими) водами устраивают нагорные канавы с уклоном не менее 0.2 % или производят обвалование вдоль границы участка строительства в повышенной его части, отвод воды производят в естественные водоёмы. Для ускорения стока «своих» вод, площадке при вертикальной планировке придают соответствующий уклон и устраивают сеть открытого или закрытого водостока. Закрытые дренажи должны быть заложены ниже глубины промерзания и иметь уклон не менее 0.5 % (на 100 м длины 0.5 м глубины). Расстояние до бровки котлована от временного водостока должно быть  $\geq 3$  м, от постоянного  $\geq 5$  м.

## Устройство ограждения

Устройство ограждения производится при необходимости, в городских условиях устройство ограждения обязательно. По возможности используют инвентарные разборные ограждения. В местах прохода людей устраивают сплошные козырьки из деревянного настила.

## Очистка территории

Очистку стройки от леса и кустарника производят в пределах границ, установленных проектом. Для удобства валки деревьев и безопасности работ лес предварительно расчищают от кустарников и мелколесья, используя кусторезы, бульдозеры, тракторы-корчеватели. По крупности лес делят на очень мелкий диаметром  $12 \div 15$  см, мелкий –  $16 \div 25$  см, средний –  $26 \div 30$  см, крупный – более 30 см. В обычных грунтах деревья валят с корнями независимо от диаметра. Мелкий и средний лес – бульдозером, оборудованным специальной упорной рамой за два приема. Крупные деревья валят, подрубив корни с одной стороны. При мощной корневой системе корни подрубают с трёх сторон. Чаще всего деревья спиливают на высоте  $0.2 \div 0.3$  м от земли. После этого деревья очищают от сучьев и складировуют на отведённой площадке. Деловой лес транспортируют на постоянные склады. Корчевать пни необходимо в местах устройства:

- 1) мелких выемок, траншей, канав и т.д.;
- 2) дорожных насыпей при высоте до 1,0 м; для железнодорожных путей, если высота насыпи больше, то можно оставлять пни до 20 см.;
- 3) до 1.5 м для автомобильных дорог (при высоте насыпи до 2 м – срезают вровень с землей, более 2 м – на 10 см выше земли);
- 4) планировочных работ высотой до 0.5 м (при высоте насыпи более 0.5 м оставляют пни до 20 см);
- 5) оснований подушек, дамб и гидротехнических насыпей независимо от высоты;

б) трассы подземных коммуникаций.

Для корчевки пней применяют механизированный и взрывной способы: диаметр пня до 50 см – тракторы, бульдозеры и т.д.; диаметр пня более 50 см в талых и более 30 см в мерзлых грунтах - взрывной способ.

При уборке с территории камни делятся: габаритные и негабаритные. Негабаритные камни дробят взрывом или закапывают в грунт. Габаритные транспортируют в места отвала или временного хранения.

### **Разборка и снос строений**

Процесс разборки состоит из двух этапов (подготовительного и основного).

В подготовительный этап входит совместное обследование сносимых строений подрядной организацией и заказчиком на основании проектно-сметной документации.

Во время обследования определяют:

1. состояние зданий в целом;
2. методы производства разборки;
3. выход материала и конструкций от разборки, пригодных для последующего использования;
4. надежность отключения инженерных сетей;
5. сроки начала и окончания работ.

На основании результатов обследования, подрядчик разрабатывает ППР (проект производства работ) по разборке строений в который входят:

1. стройгенплан сносимого сооружения;
2. схемы и технологические карты;
3. графики производства работ;
4. методы и последовательность работ;
5. способы временного крепления конструкций.

В специальном разделе ППР содержатся мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ.

Территорию, на которой производится разборка зданий, необходимо оградить и вывесить на ней предупредительные знаки и надписи. Материалы, получаемые при разборке зданий, следует складировать по размерам и маркам на специально отведённых местах.

Не допускается разбирать строения одновременно в нескольких ярусах по одной вертикали, разборка осуществляется «сверху вниз».

Применяемые при разборке зданий машины следует размещать вне зоны обрушения конструкций.

На основном этапе разборки применяют способы: ручной – наиболее трудоёмкий способ, применяют при небольших объёмах и невозможности других способов; полумеханизированный способ – основан на применении пневматического и электрифицированного инструмента; механизированный способ – с применением машин и механизмов. Наибольшее распространение имеет метод ударного разрушения конструкций шаром или клин-молотом на базе экскаватора или крана. При взрывном способе для разрушения зданий применяют шпуровые заряды, которые располагают по периметру на глубине не более 0.5 м от поверхности земли. В результате взрыва здание разрушается и оседает на своё основание. Перед взрывом здание должно быть освобождено от всех деревянных конструкций (на случай возникновения пожара).

Взрывной способ наименее трудоёмкий и наиболее экономичный.

При разборке зданий и сооружений чаще всего применяют комбинированный метод.

При реконструкции возникает необходимость в разборке отдельных конструкций, например, потолков, перегородок и т.д. В данных условиях на разборку каждого элемента разрабатывается ППР, где указываются последовательность и методы работ, границы опасной зоны, а также мероприятия по

снятию нагрузки с разбираемой конструкции, обеспечивающие устойчивость и сохранность остальных элементов здания.

Вспомогательные работы при производстве работ нулевого цикла: водоотлив и понижение УГВ; временное крепление стенок и выемок; искусственное закрепление грунтов; рыхление плотных грунтов.

### **Вариантное проектирование технологии возведения зданий и сооружений**

Вариантное проектирование производится в два этапа:

На первом этапе в зависимости от объёмно-планировочных и конструктивных характеристик объекта принимают технологию производства работ и определяют требуемые эксплуатационные параметры основных машин, их типы и марки, а также перечень технологически необходимых вспомогательных машин.

На втором этапе производят выбор наиболее рационального или оптимального варианта механизации на основе технико-экономических показателей.

Основным критерием правильности выбора комплекта машин является наименьшая величина приведённых удельных затрат на единицу конечной продукции.

Себестоимость единицы СМР определяют по общей формуле:

$$C_e = \frac{n_1 \times \sum C_{\text{маш-см}} \times T \times k + n_2 \times Z}{V} \quad (1)$$

Где  $Z$  – заработная плата рабочих;

$T$  – продолжительность работы механизмов;

$C_{\text{маш-см}}$  – стоимость машино-смены механизмов и транспортных средств;

$k$  – количество механизмов;

$n_1, n_2$  – коэффициенты, учитывающие накладные расходы;

$V$  - объём работ.

Кроме этого учитываются трудоёмкость и машиноёмкость ед. работ (чел-см/ед. и маш-см/ед.), а также продолжительность строительства  $T$  (см).

### **Охрана окружающей среды**

При организации строительного производства необходимо осуществлять мероприятия по рекультивации земель, предотвращению или очистке вредных выбросов в почву, водоёмы и атмосферу. Эти мероприятия должны включаться в проектно-сметную документацию. На территории стройки не допускается уничтожение деревьев и кустарников, не предусмотренное проектом. Выпуск воды со строительных площадок непосредственно на склоны, без защиты от размыва, не допускается. Почвенный слой снимается и затем используется при рекультивации. Временные дороги должны устраиваться без повреждения сельскохозяйственных угодий. При строительстве в жилых районах предотвращать запылённость и загазованность воздуха.

При производстве буровых работ и работ по искусственному закреплению грунтов должны быть приняты предусмотренные проектом меры по предотвращению загрязнения подземных вод нижележащих горизонтов. Производственные и бытовые стоки, образующиеся на стройке должны очищаться и обеззараживаться в порядке указанном в ППР.

Работы по мелиорации земель, созданию прудов и водохранилищ, ликвидации оврагов, болот и т. д., выполняемые совместно со строительством объектов, следует производить только при наличии ППР, согласованной с соответствующими организациями. При производстве работ, связанных с рубкой леса и кустарников необходимо обеспечить отеснение животного мира за пределы стройки.

## **Модуль 2. Технологические процессы при возведении земляных и подземных сооружений**

### **Лекция 2.1 Вертикальная планировка. Разработка котлованов и траншей**

#### **Разновидности земляных сооружений**

Земляные сооружения представляют собой особую группу инженерных сооружений, образуемых в грунтовом массиве или возводимых из грунта, уложенного на поверхности земли (рис. 6). Земляное сооружение, расположенное ниже поверхности земли называется выемкой, на поверхности земли – насыпью, на определенной глубине от поверхности – подземным сооружением.

По назначению земляные сооружения классифицируются на:

1. гидротехнические (плотины, дамбы, каналы и т.д.);
2. мелиоративные (пруды, водопроводящие и осушительные каналы, очистные сооружения, водоудерживающие сооружения);
3. дорожные сооружения (земляное полотно для автомобильных и железных дорог);
4. сооружения промышленного и гражданского строительства (планировка площадки, траншеи, котлованы).

Земляные сооружения подразделяются по сроку службы:

1. временные – устраиваются для выполнения последующих СМР (котлованы, траншеи для устройства фундаментов и трубопроводов, нагорные канавы и т.д.);
2. постоянные – предназначенные для длительной эксплуатации (спланированные площадки, земляное полотно дорог, плотины, каналы, пруды и т.д.);

Котлованы это выемки, у которых соотношение длины к ширине сторон более 1/10.

Траншеи это выемки, у которых соотношение длины к ширине сторон менее 1/10.

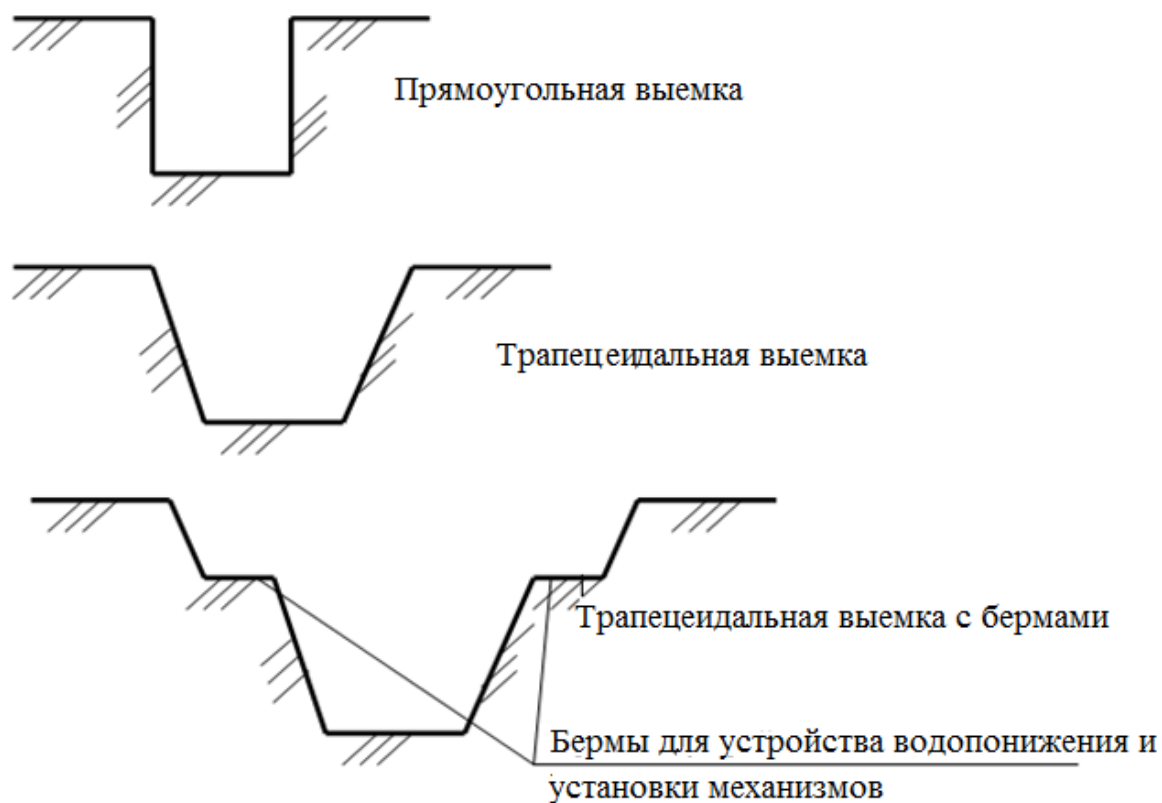


Рис. 6. Характерные профили земляных сооружений

Пространство между возведённым фундаментом и линией откоса, засыпаемое грунтом, называется пазухой (рис. 8). Если выемка разрабатывается для добычи недостающего грунта, она называется резервом. Насыпь излишков грунта называется кавальером. При производстве поземных работ вертикальные и наклонные ходы называют шахтами, горизонтальные – штольнями и туннелями (рис.7).

Все земляные сооружения должны быть устойчивыми, прочными, способными воспринимать расчётные нагрузки, противостоять климатическим воздействиям, иметь конфигурацию и размеры в соответствии с проектом и

сохранять их в период эксплуатации. Главнейшим требованием к постоянным и временным сооружениям является обеспечение устойчивости их боковых поверхностей – откосов.

#### Подземные выработки прямоугольной и круглой формы

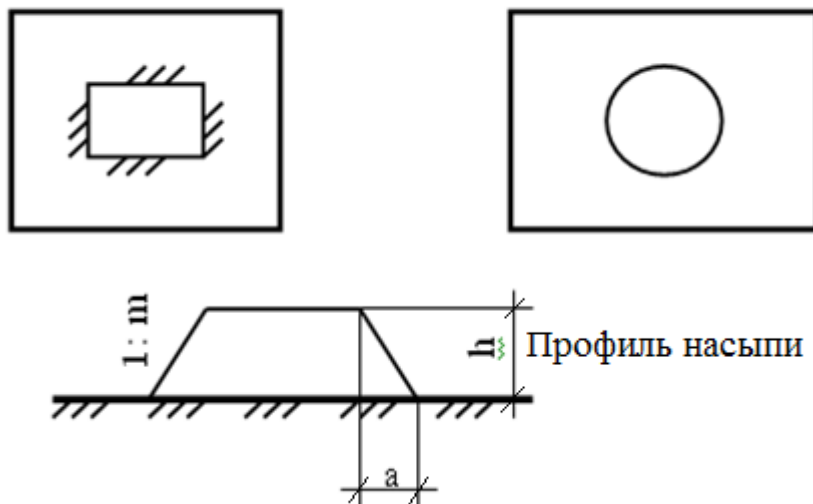


Рис. 7. Профили подземных сооружений

Устойчивость откосов определяется по формуле:

$$\frac{h}{a} = \frac{1}{m} \quad (2)$$

Где  $m$  – коэффициент откоса – зависит от грунта, его состояния, высоты земляного сооружения;

$h$  – высота сооружения;

$a$  – величина заложения.

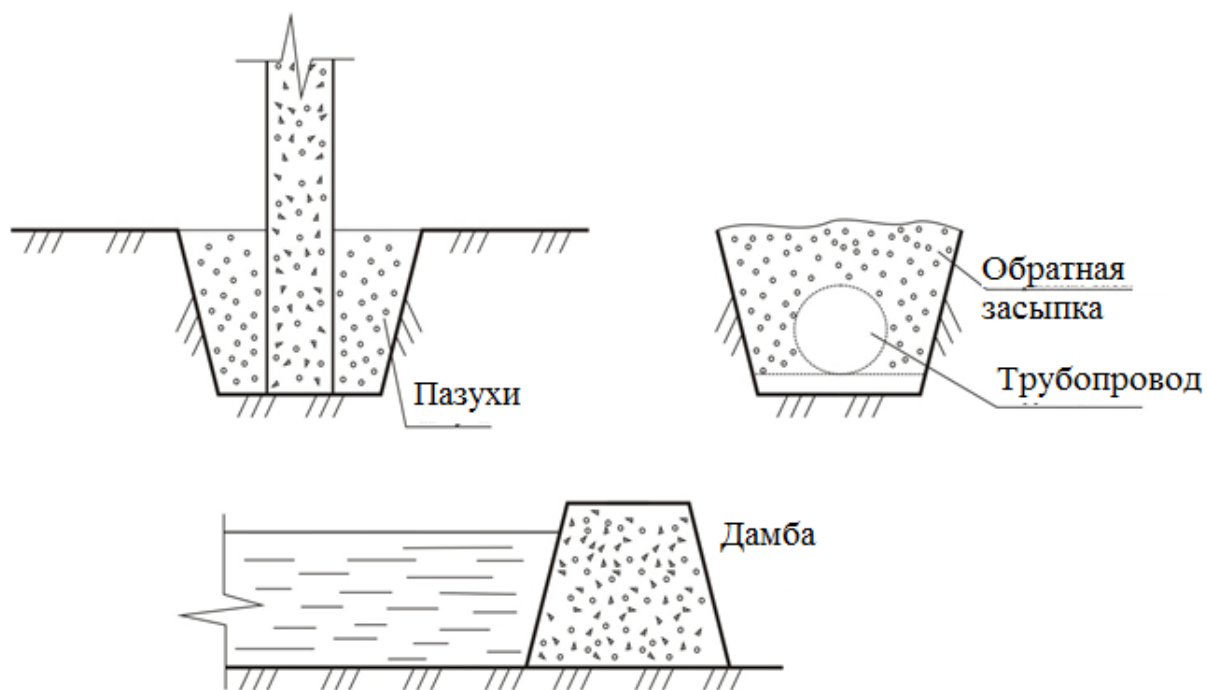


Рис. 8. Земляные сооружения

### **Технология возведения выемок и насыпей при вертикальной планировке**

Вертикальная планировка это комплекс земляных работ по срезке грунта с возвышенных мест и укладке в низкие места согласно картограмме.

Картограмма это план площадки с горизонталями; рабочими, красными и черными отметками; линией нулевых работ; объёмами и расстоянием перемещения разрабатываемого и укладываемого грунта.

Необходимость вертикальной планировки возникает при строительстве промышленных комплексов, застройке кварталов, а также при строительстве отдельных сооружений: аэродромов, стадионов, устройстве открытых складов.

Состав работ при вертикальной планировке:

1. разработка грунта;
2. транспортировка грунта из выемки в насыпь;
3. разравнивание в насыпи;

4. послойное уплотнение.

Для разработки и транспортировки применяют:

1. землеройно-транспортные механизмы: бульдозеры при  $L_{\text{ср}}$  до 100 м; прицепные скреперы при  $L_{\text{ср}}$  до 500 м, самоходные скреперы при  $L_{\text{ср}}$  до 5000 м (ёмкостью ковша до 25 м<sup>3</sup>).
2. при глубине копания, позволяющей наполнить ковш экскаватора за один приём и транспортировке на значительное расстояние  $L_{\text{с}} \geq 1,0$  км, для разработки применяют одноковшовый экскаватор с транспортировкой самосвалами.

Для плотных грунтов перед разработкой применяют предварительное рыхление.

Для разравнивания грунта в насыпи в основном применяют бульдозеры и грейдеры.

Для уплотнения применяют различные грунтоуплотняющие механизмы.

Отсыпку грунта ведут слоями толщиной в зависимости от свойств грунта и вида грунтоуплотняющих механизмов.

Ведущей машиной в комплексной механизации вертикальной планировки являются бульдозер, скрепер или экскаватор в зависимости от условий производства и ТЭП (технико-экономических показателей) вариантов. Комплекующие механизмы выбирают, исходя из производительности ведущей машины: рыхлители, самосвалы, бульдозеры, катки.

Производительность  $\Pi_{\text{см}}$  машины циклического действия вычисляют по формуле:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T \times q \times k_{\text{н}} \times k_{\text{в}}}{t_{\text{ц}} \times k_{\text{р}}} \quad (3)$$

Где  $k_{\text{н}}$  - коэффициент наполнения;

$q$  - ёмкость ковша экскаватора;

$k_B$  - коэффициент использования во времени;

$t_{\text{ц}}$  - время цикла;

$k_p$  - коэффициент разрыхления.

## **Технология укладки грунта в насыпи и его уплотнение**

### **Грунты для возведения насыпи**

Для возведения насыпей дорог допускается применение крупнообломочных и песчаных грунтов с содержанием глинистых частиц не более 6 %, пылеватых супесей с содержанием более 50 % частиц крупнее 0.25 мм, суглинков в твёрдом и туго-пластичном состоянии. Не допускается применение: жирные глины, меловые, тальковые, трепельные, засоленные грунты с 8 % легкорастворимых солей, илистые грунты, пески с примесью ила или торфа.

Дорожные насыпи возводят, как правило, из однородных грунтов. При использовании разнородных грунтов отдельные слои насыпи должны быть из однородных грунтов. Если слой насыпи из песчаных грунтов расположен сверху, его нижняя поверхность должна быть горизонтальной.

Если слой песчаного грунта расположен внизу, верхняя поверхность слоя должна быть с уклоном (рис. 9).

Допускается возведение насыпей из неоднородных грунтов, если они представлены в виде естественной смеси.

При возведении насыпей из скальных грунтов верхний слой  $h \geq 0.5$  м выполняют из щебня размерами менее 200 мм.

Насыпи по всей ширине отсыпают горизонтальными слоями от откосов к середине. На переувлажненных и слабых основаниях отсыпку делают высотой до 3 м от оси насыпи к откосам, а затем от откосов к середине. Поверхность каждого отсыпаемого слоя необходимо поддерживать в состоянии, исключающем возможность образования скопления воды. Нижнюю часть насыпей, подверженных постоянному подтоплению, а также отсыпаемых в воду, следует выполнять из предварительно разрыхленных скальных или крупнообломочных грунтов, крупных песков. Откосы насыпей не разрешается покрывать грунтом с худшими дренирующими свойствами, чем у грунта насыпи.

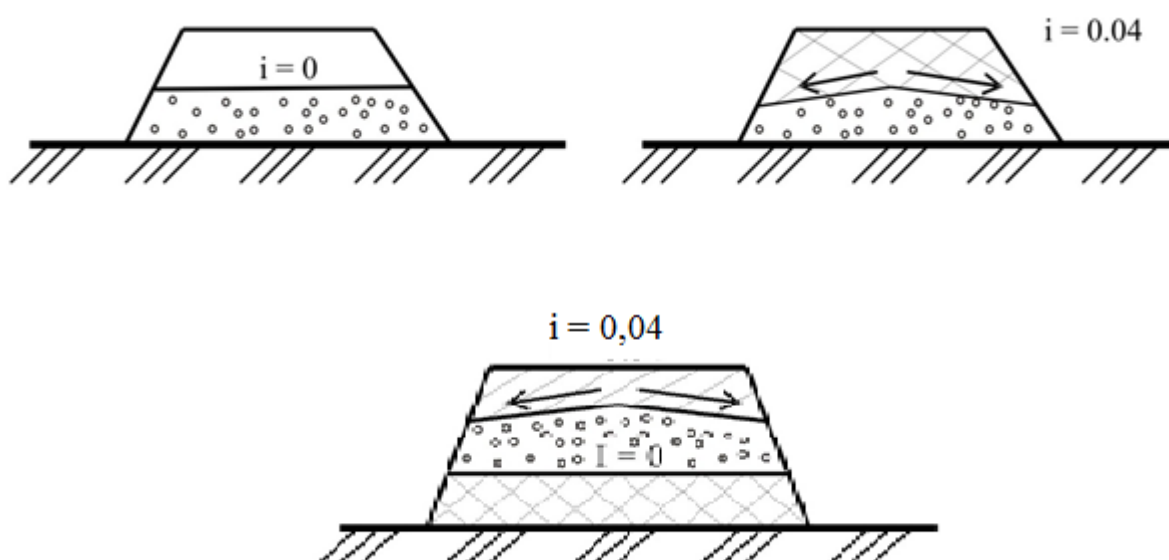


Рис. 9. Укладка грунта в насыпи

Транспортировку грунта выполняют по следующим схемам:

1. для возведения насыпей или выемок из боковых резервов, а также при укладке нижних слоев насыпи применяют грейдер-элеваторы и автогрейдеры на расстоянии  $8 \div 15$  м; бульдозеры при  $h_n$  до 1.0 м и  $l_{пер}$  до 50 м;

скреперы при  $h_{н} = 1 \div 2$  м и  $l_{пер}$  до  $50 \div 100$  м; экскаваторы - драглайны для укладки высотой  $2.5 \div 3$  м.

2. в случае разработки специальных резервов (карьеров) применяют мощные бульдозеры при  $L$  до 100 м, прицепные скреперы при  $L$  от 100 до 300 м, самоходные скреперы  $9 \div 15$  м<sup>3</sup> при  $L$  более 300 м или экскаваторы с погрузкой в транспортные средства;

3. транспортировка автомобилями и колесными тракторами; при этом толщина отсыпаемого и уплотняемого слоя не должна превышать: для глинистых грунтов 0.5 м, супеси – 0.8 м, песок – 1.2 м. При толщине отсыпаемого слоя  $\leq 0.3$  м, уплотнение грунта производится колесами самосвалов, тракторов или прицепных скреперов. Насыпи делятся на участки длиной 100 м - на одном разгружают, на другом – разравнивают и уплотняют.

Уплотнение грунтов насыпи является одной из важнейших операций на строительстве земляных сооружений. Особое значение имеет для, так называемых, качественных насыпей, планировки площадок под некоторые промышленные объекты, насыпи железных и автомобильных дорог, плотины, дамбы, а также обратные засыпки пазух фундаментов.

### **Основные требования к процессу уплотнения грунтов:**

1. Оптимальная влажность грунта  $8 \div 12$  % для песков,  $19 \div 23$  % - для глины (при необходимости поливают водой или подсушивают).

2. Толщина отсыпаемого слоя зависит от вида насыпи, грунта, уплотняющего механизма.

3. Выбор оптимальной массы и типа грунтоуплотняющей машины. Способ уплотнения и тип машины выбирают на основании ТЭП с учетом свойства грунта, требуемой плотности, объема, сроков и условий производства работ.

### **Способы уплотнения:**

1. Трамбование – производится трамбовочными плитами массой  $1 \div 7$  т, сбрасываемыми с высоты  $1 \div 2$  м с помощью крана (главным образом для связных грунтов). Трамбовочными машинами (две плиты массой 1.5 т по очереди сбрасывают с помощью канатов).

2. Укатка – самоходные и прицепные катки на пневматическом ходу (толщина слоя  $20 \div 30$  см). Для повышения контактного давления на уплотняемый грунт используют решетчатые или кулачковые катки (только для связных грунтов), толщина слоя  $25 \div 30$  см.

3. Вибрирование–вибрационные катки используют для песчаных грунтов (толщина слоя  $30 \div 50$  см).

Вибротрамбование производят машины комбинированного действия. Вибротрамбовки обеспечивают коэффициент уплотнения  $1.0 \div 1.1$  при толщине слоя  $100 \div 120$  см.

Коэффициенты уплотнения грунта, равные  $0.95 \div 0.98$  является оптимальным и обеспечивает прочность сооружения. В качественной насыпи этот коэффициент принимается  $1.02 \div 1.05$ .

Для обеспечения равномерного уплотнения грунта его отсыпают слоями одинаковой толщины, уплотняют при одинаковом количестве проходов (рис. 10).

### **Технология и организация работ при уплотнении**

Грунт уплотняют на захватках (картах), размеры которых должны обеспечить достаточный фронт работ. Число участков зависит от условий и может меняться от двух до четырёх. В летнее время наиболее производительна работа на четырёх, а зимнее время не более двух. Размеры карт определяются конкретными условиями  $L \geq 200$  м. Для катков  $200 \div 300$  м. Для трамбуемых машин  $L \geq 50$  м. При уплотнении слоя рыхлого грун-

та отсыпаемого драглайном следует производить сначала укатку катком легкого типа.

При больших площадях и насыпях, где возможны повороты катка, рекомендуется применять схему движения катков по замкнутому кругу. Если нет – челночную. Первый и второй ход катка на расстоянии  $2 \div 2.5$  м от бровки (рис. 11), а затем смещением катка на  $1/3-1/4$  ширины в сторону бровки уплотняют края насыпи с перекрытием полосы на  $10 \div 20$  см.

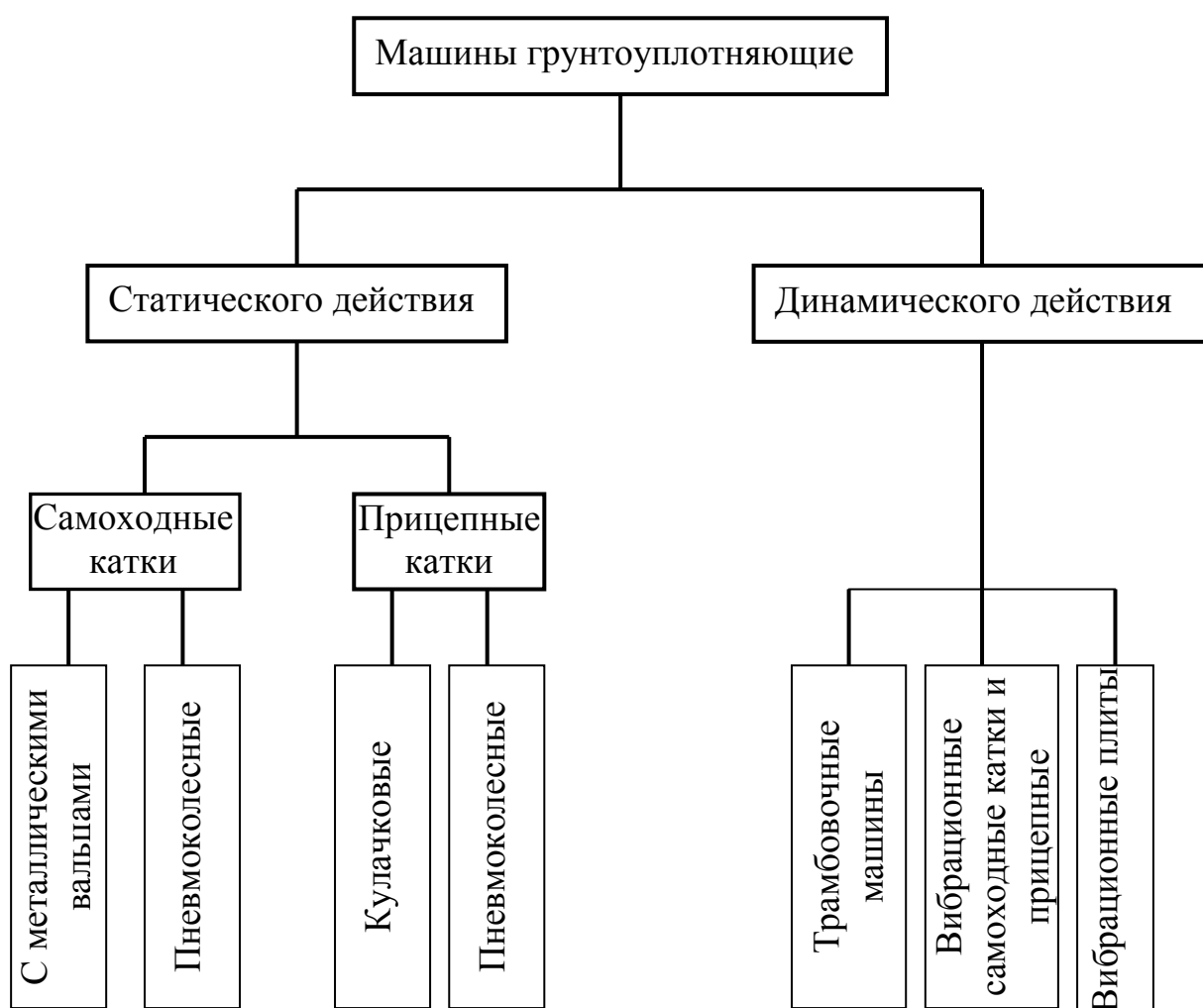


Рис.10. Способы уплотнения

Наиболее трудным является трамбование грунта в пазухах фундаментов и траншей, т.к. работы ведутся в стесненных условиях с большой тщательностью. Во избежание повреждения фундаментов грунт на ширину 0.8 м уплотняется пневматическими или электрическими трамбовками слоями 0.1 ÷ 0.2 м. Применение более производительных машин возможно на периферийных участках (рис. 12, 13).

После отсыпки и уплотнения насыпи планируют и укрепляют её откосы, применяя бульдозеры, автогрейдеры, экскаваторы - планировщики.

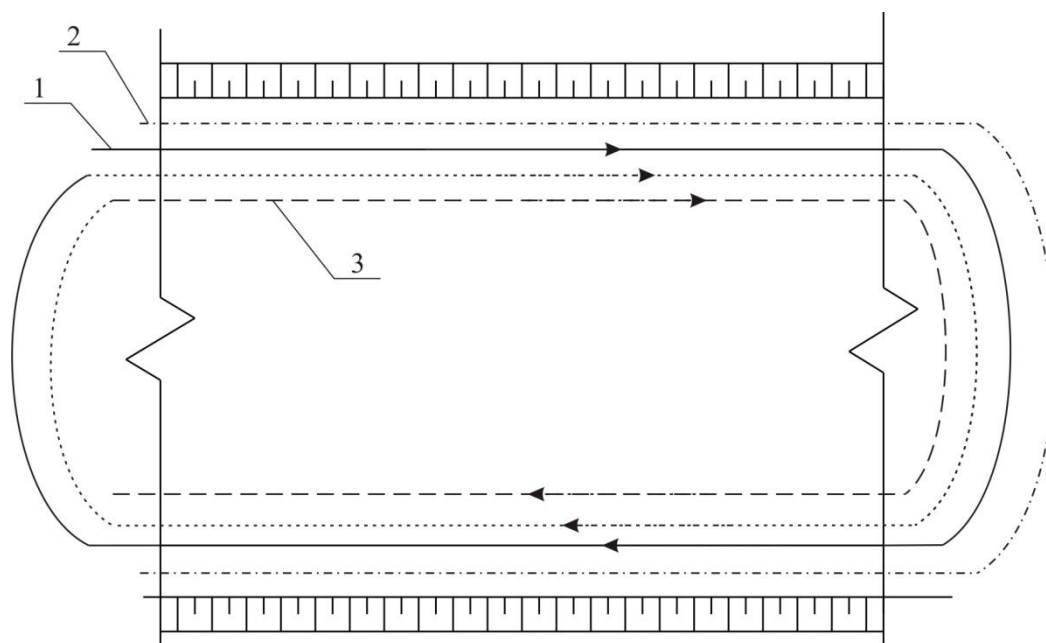


Рис. 11. Схема уплотнения насыпи

В процессе грунтоуплотнительных работ ведется контроль качества уплотнения грунта путем взятия проб (в связных грунтах) или специальными приборами непосредственно в теле насыпи.

Обратная засыпка пазух между стенками подвала и откосами котлована выполняется после устройства перекрытия над подвалом и гидроизоляции стен (рис. 13). Для этого используют излишки грунта, остав-

ленные при разработке котлована, обычно бульдозером слоями с последующим уплотнением.

При устройстве сложных в плане фундаментов обратную засыпку производят до начала работ по надземной части, что позволяет использовать механизацию в более благоприятных условиях.

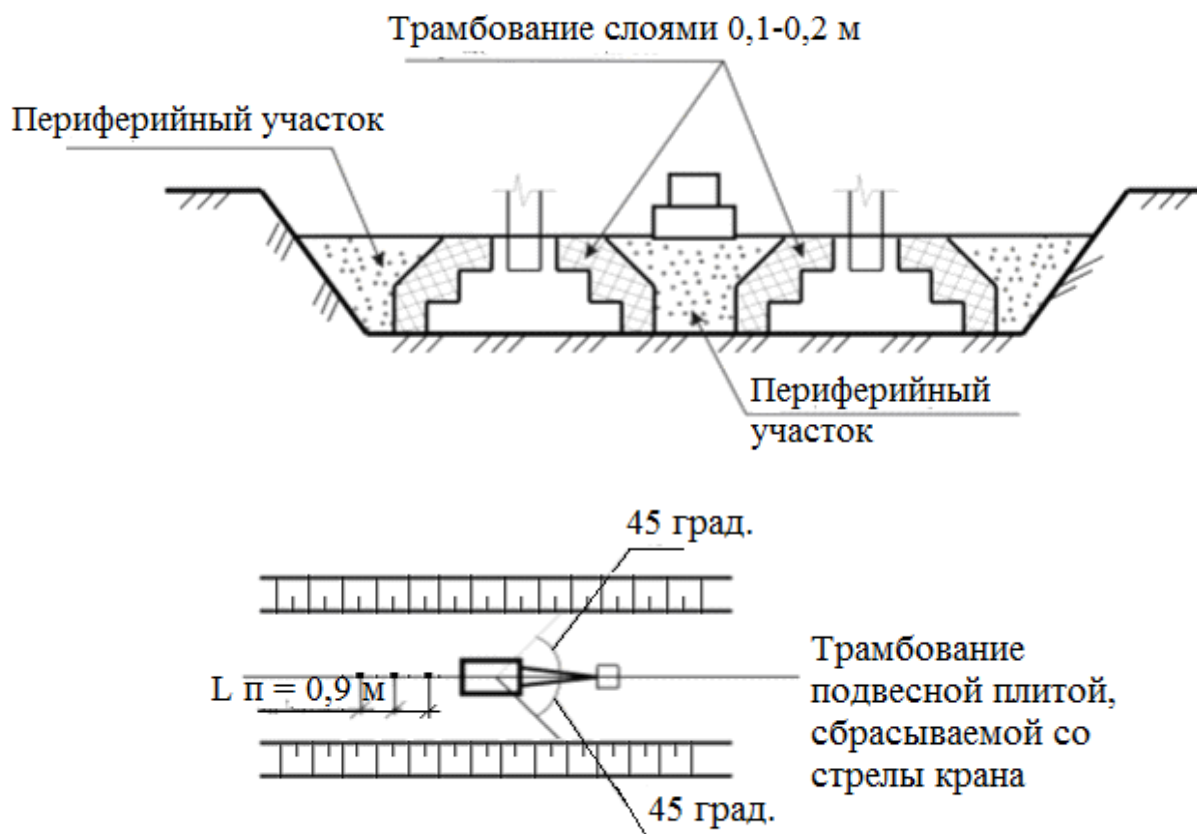


Рис. 12. Трамбование грунта в стесненных условиях

Грунт обычно подается экскаватором или краном, оборудованным ковшом-грейфером, разравнивается малогабаритными бульдозерами (рис. 14). Для уплотнения используют подвесные плиты.

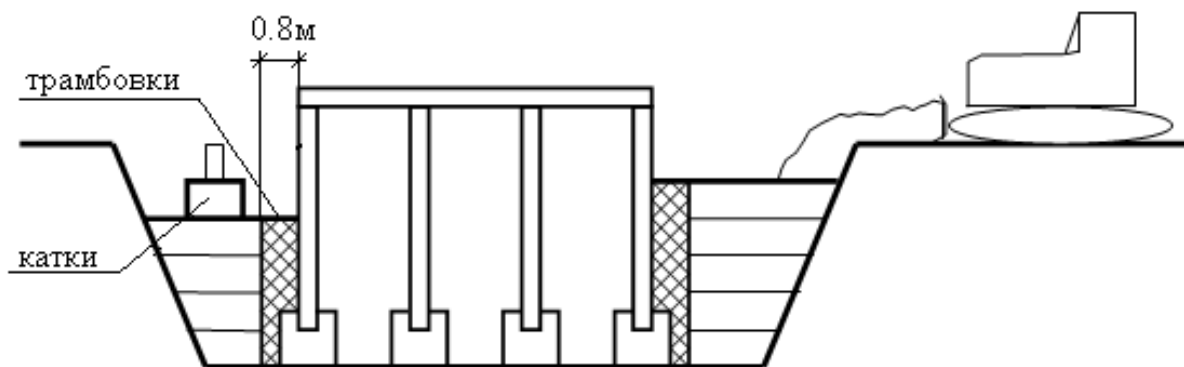


Рис. 13. Уплотнение пазух фундаментов

### **Разработка котлованов и траншей**

Комплект механизмов для разработки котлованов и траншей состоит из ведущей машины экскаватора и вспомогательных: самосвалы, бульдозеры, механизмы для трамбовки. Подбор основной машины по ТЭП сравнения нескольких вариантов, подбор вспомогательных машин, исходя из условий работы ведущей.

### **Устройство котлованов**

Котлованы – это временные выемки, устраиваемые для возведения фундаментов, частей зданий и сооружений, расположенных ниже поверхности земли.

Разработка с вертикальными стенками или откосами в зависимости от глубины и вида грунта (СНиП по ТБ).

Технологический процесс устройства котлована включает: разработку грунта с погрузкой в транспортные средства или на бровку, транспортирование грунта, планировка дна, обратную засыпку пазух фундаментов с разравниванием и уплотнением.

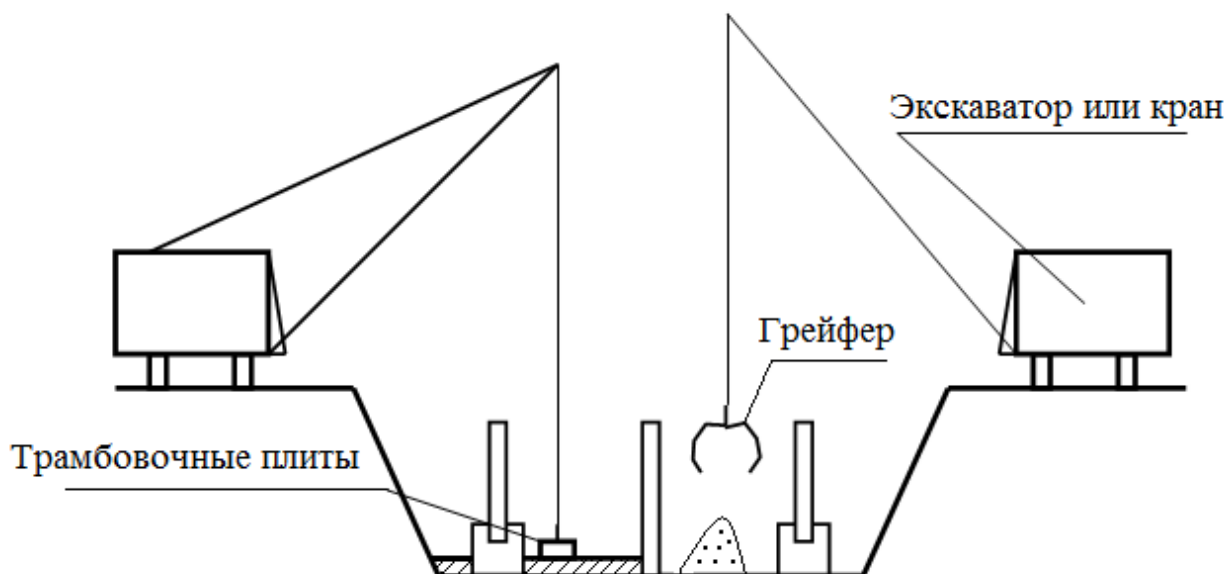


Рис. 14. Обратная засыпка сложных фундаментов

Разработка грунта является ведущим процессом и выполняется обычно экскаваторами с различным сменным оборудованием.

Повторить: прямая лопата, обратная, драглайн, грейфер – когда и при каких условиях применяются.

Бульдозерами котлованы разрабатывают траншейным способом по челночной схеме (рис. 15).

Разработку ведут захватками на глубине  $0.8 \div 1.0$  м, оставляя перемычки из грунта шириной  $0.5 \div 1.2$  м, которые срезают после разработки ряда траншей.

Срезку откосов и планировку дна котлована производят после разработки экскаватором. Если дно котлована является основанием для фундаментов, грунт в зависимости от типа и вместимости ковша экскаватора не добирают на  $10 \div 30$  см. Дно котлована зачищают бульдозером или вручную под стаканы фундамента.

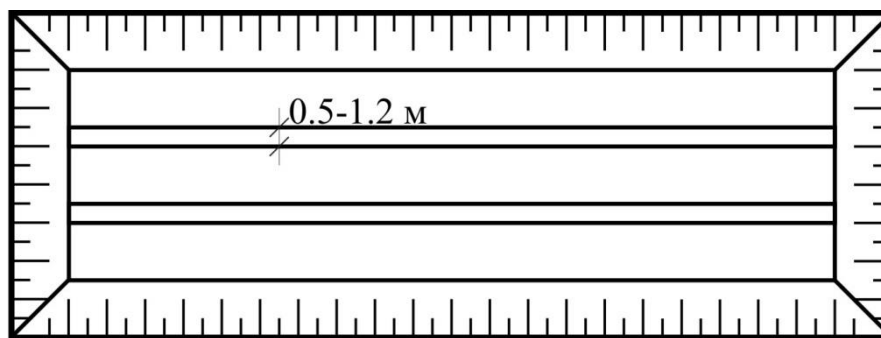


Рис. 15. Разработка котлованов бульдозерами

Гидравлические экскаваторы-планировщики с телескопическим рабочим органом используют на работах по планировке дна котлована, откосов, выемок и насыпей, обратной засыпке.

### **Устройство траншей**

Траншея – это временная выемка, устраиваемая для укладки труб и других инженерных сетей, а также монтажа ленточных фундаментов.

Технологические процессы аналогичны разработке котлована.

Для разработки грунта обычно используют экскаваторы с обратной лопатой в отвал и транспорт. В мягких грунтах при значительной глубине используют грейфер. Для разработки траншей с вертикальными стенками используют многоковшовые экскаваторы (ширина  $0.4 \div 1.8$  м, высота до 3.5 м). Возможна разработка с откосами при устройстве специальных открьлков.

Обратную засыпку производят бульдозером. Уплотнение грунта над трубопроводами в городских условиях, вне населенных пунктов уплотнение не делают, а грунт насыпают валиком по оси траншеи для дальнейшей осадки. При устройстве фундаментов аналогично котловану.

Зачистку дна траншеи под фундаменты вручную или микро-бульдозерами.

## Лекция 2.2. Открытый способ возведения подземных сооружений.

### Закрытые способы возведения подземных сооружений

#### Открытый способ

Открытый способ предусматривает возведение подземных конструкций в предварительно отрытых котлованах и траншеях с последующей обратной засыпкой и послойным уплотнением.

Наиболее сложной операцией при этом способе является крепление стенок котлована при значительной глубине разработки. Крепление стен котлованов в основном применяется консольное. В грунтах естественной влажности или осушенных водопонижением устраивают свайные крепления из металлических, железобетонных забивных или буронабивных свай, между которыми устанавливают затяжку из досок, железобетонных плит или из набрызг - бетона (рис. 16). В водонасыщенных грунтах устраивают сплошное шпунтовое ограждение или производят искусственное замораживание стен котлована. Для широких и глубоких котлованов используют консольно-распорное крепление с телескопическими расстрелами.

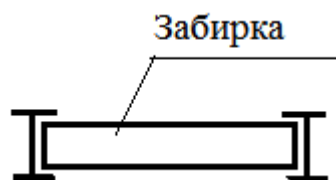


Рис. 16. Устройство забирки

Сваи из двутавров № 40 ÷ 60 забивают вдоль бровок будущего котлована с шагом 0.5 ÷ 1.5 м, заглубляя их ниже подошвы подземного сооружения на 3 ÷ 5 м. По мере разработки грунта стены котлована между сваями закрепляют деревянной забиркой. Доски толщиной 5 ÷ 7 см заводят за полки свай. При большей глубине котлована требуется дополнительное раскрепление свай. Для этого по сваям на высоте 0.5 м от верха будущей конструкции

подземного сооружения устраивают продольные пояса-обвязки из двутавровых балок. В пояса упирают поперечные «распорки-расстрелы» через  $4 \div 5$  м (рис. 18). При глубине более 10 м расстрелы устанавливают в несколько рядов. Телескопические расстрелы бывают прямоугольного или круглого сечения.



Рис. 17. Разновидности телескопических расстрелов

Поперечное крепление котлованов с применением расстрелов обладает достаточной жесткостью и обеспечивает многократное использование. Однако при ширине котлована более  $15 \div 20$  м масса расстрелов достигает  $2 \div 3$  т, и появляется потребность в дополнительных поперечных креплениях, что затрудняет производство работ, поэтому используют грунтовые анкеры (рис. 21).

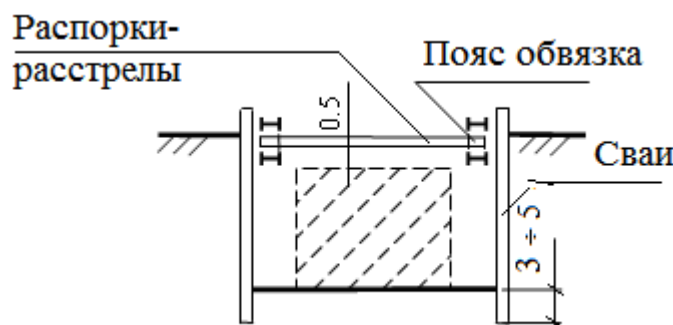


Рис. 18. Установка распорок

После разработки котлована до определённой глубины под заданным углом к горизонту пробуривают скважины диаметром  $20 \div 30$  см и глубиной  $8 \div 20$  м, обеспечивая расположение нижней части скважины за пределами призмы обрушения.

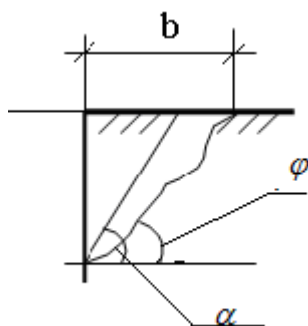


Рис. 19. Параметры возможной призмы обрушения

В скважины помещают анкерные оттяжки, закрепляют, бетонируя их по всей длине или только в нижней части скважины и на продольных поясах. Продольные пояса крепятся к кронштейнам свай.

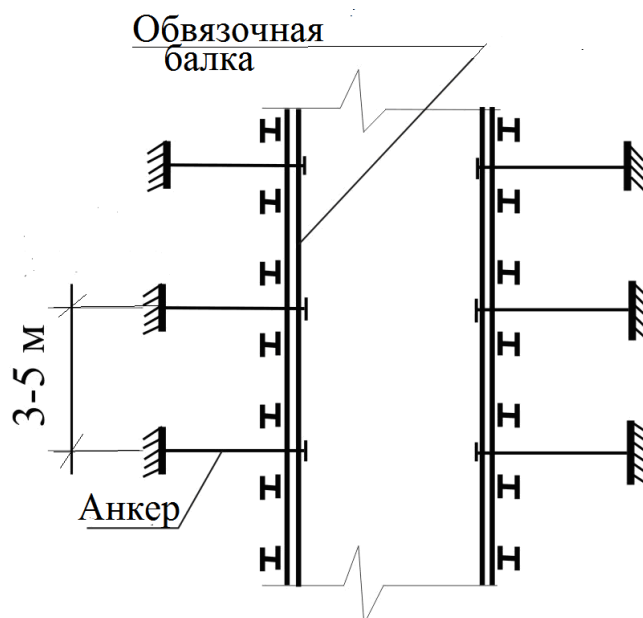


Рис. 20. Схема установки анкеров

Анкерное крепление может также выполняться с устройством маячных свай (рис. 22). Маячные сваи забивают за пределами возможной призмы обрушения до начала разработки грунта. По мере разработки котлована, сваи крепления стен крепят анкером к маячным сваям через обвязочную балку.

Конструкции анкеров: стальные трубы, профильные стержни диаметром 18 ÷ 40 мм, пучки проволоки.

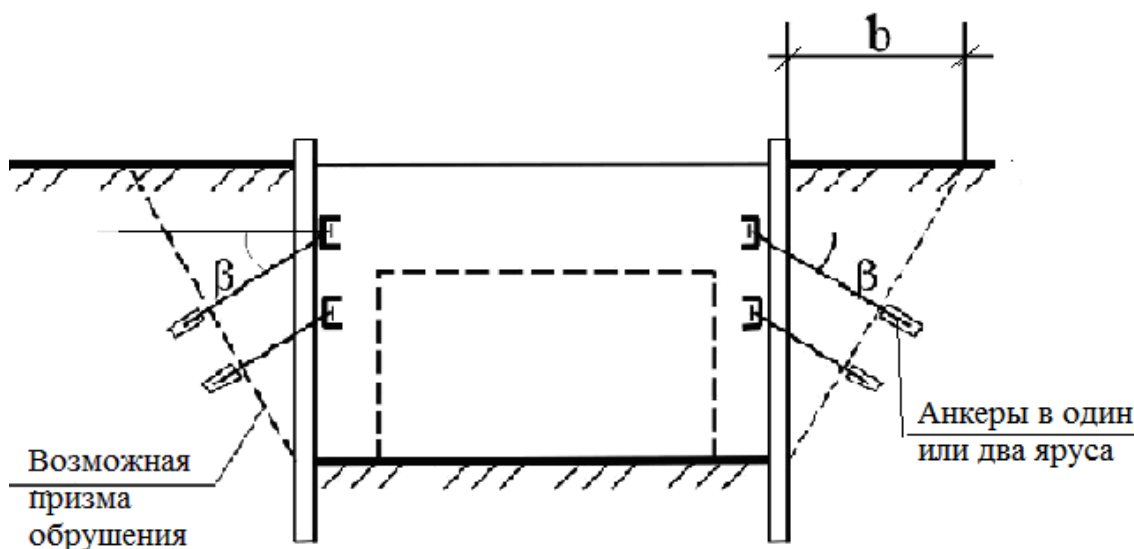


Рис. 21. Анкерное крепление через обвязочную балку

Угол наклона анкеров  $\beta$  равен  $25 \div 30^\circ$ .

Размер возможной призмы обрушения рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{H \times \sin(\alpha - \varphi)}{\sin \alpha \times \sin \varphi} \quad (4)$$

Где  $b$  – возможная призма обрушения;

$\alpha$  - действительный угол;

$\varphi$  - угол естественного откоса.

Технология устройства анкерного крепления более трудоёмкая, стоимость работ на  $8 \div 10\%$  выше, чем при применении других способов крепления, но анкерная крепь эффективнее, особенно для широких и глубоких котлованов.

В водонасыщенных грунтах производится забивка металлических свай и металлического шпунта: большой расход металла, до  $20\%$  непригодного для повторного использования, возможно повреждение рядом стоящих зданий. Взамен забивке металлических свай и шпунта применяют буронабивные сваи или опущенные в заранее пробуренные скважины сваи-стойки.

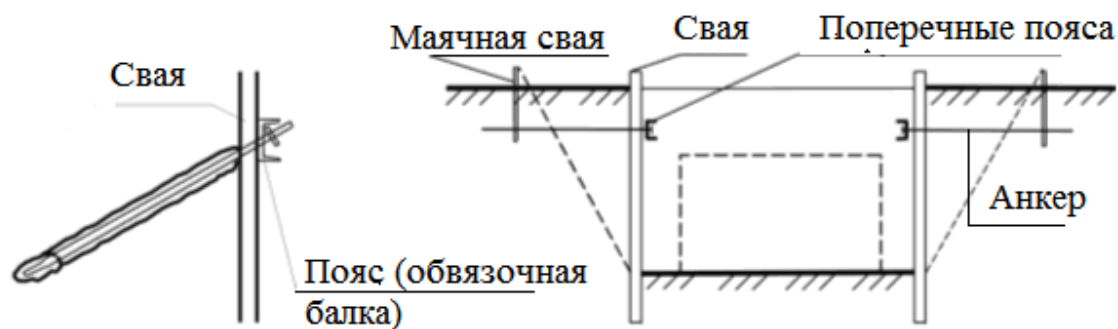


Рис. 22. Анкерное крепление с маячными сваями

Существуют две схемы производства работ: параллельная и последовательная.

При параллельной схеме все технологические процессы ведутся параллельно на различных участках, начиная с забивки свай и заканчивая их извлечением. Фронт работ должен быть не менее  $100 \div 150$  м. При длине сооружения менее 100 м применяется последовательная схема.

Технологические процессы при обеих схемах аналогичны. Их производят в следующей последовательности:

1. забивка свай или шпунта;
2. разработка грунта по захваткам (рис. 23). При высоте до  $8 \div 10$  м грунт разрабатывают драглайнами с поверхности или бульдозерами, опущенными в котлован. Одновременно с разработкой грунта ведут установку анкеров, расстрелов, досок крепления. После раскрепления стенок завершают работы по вскрытию котлована и выравниванию дна.
3. Устройство щебёночной или бетонной подготовки толщиной  $10 \div 15$  см. Бетонную смесь подают кранами в бадьях. Бетонную подготовку выравнивают цементной стяжкой толщиной  $2 \div 3$  см. Уплотнение производят виброрейкой или площадочными вибраторами. По стяжке наносят гидроизоляцию.
4. Возведение подземного сооружения (монолитного или сборного)

производят кранами с бровки котлована или с покрытия ранее смонтированных конструкций. При протяженных конструкциях и ширине котлована 15 ÷ 20 м целесообразно использовать консольно-козловые краны. Выполняют гидроизоляцию вертикальную и горизонтальную. Поверху сооружения укладывают слой бетона с армированием.

5. Засыпка котлована до поверхности земли с уплотнением. Засыпка пазух производится с двух сторон песчаным грунтом с поливкой и послойным уплотнением пневматическими или электрическими трамбовками.

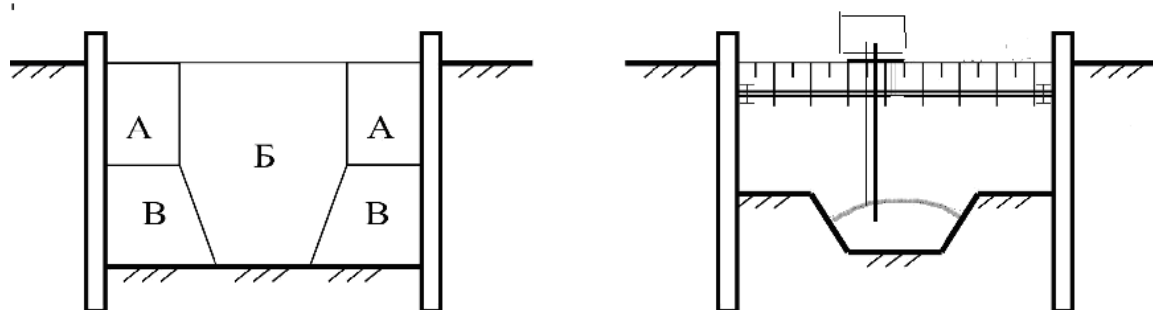


Рис. 23. Порядок разработки грунта

**Закрытый способ включает в себя следующие методы:**

- 1) «стена в грунте»;
- 2) опускной колодец;
- 3) прокол (вибропрокол);
- 4) продавливание;
- 5) горизонтальное бурение;
- 6) щитовую проходку.

## **Лекция 2.3. Опускной колодец, щитовая проходка, прокол, продавливание**

### **Метод опускающего колодца**

Опускающие колодцы используют при устройстве фундаментов глубокого заложения и различного рода заглублённых сооружений.

В плане их выполняют в виде круга, эллипса и прямоугольника.

Материалом служит железобетон, в нижней части колодец снабжён ножом, режущая кромка которого облицована стальными уголками и листами.

Варианты опускающих колодцев:

1. монолитные;
2. сборно-монолитные;
3. сборные.

Массивные колодцы, как правило, гравитационные, погружаемые под действием собственного веса, чаще всего используются для возведения фундаментов глубокого заложения.

Тонкостенные колодцы из сборных элементов погружают в «тиксо-тропных» рубашках или методом задавливания; используют для возведения заглублённых зданий и сооружений. Диаметр сборных унифицированных колодцев 16, 24, 36, 42 м.

При возведении колодцев на воде предварительно устраивают островки с использованием шпунтового ограждения и работы ведут с островка.

Сущность опускающего колодца состоит в том, что конструкцию вначале монтируют или бетонируют на поверхности земли или в пионерном котловане, а затем внутри неё разрабатывают грунт в направлении от центра к ножу (рис. 24). Оболочка колодца, утрачивая опору грунта под ножом, под действием собственного веса опускается, выдавливая оставшийся грунт из-под ножа внутрь колодца.

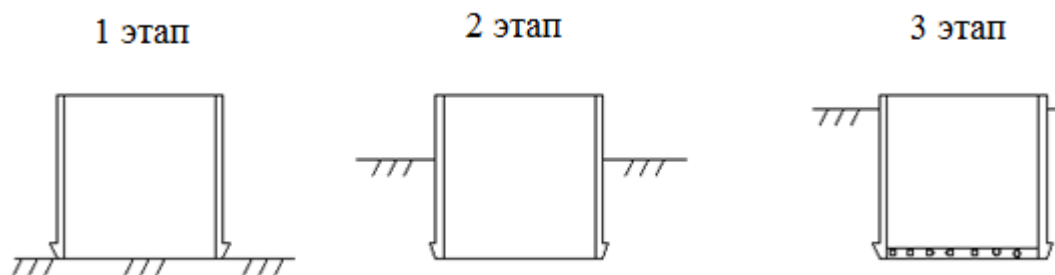


Рис. 24. Порядок опускания колодца

Погружение опускного колодца происходит в результате преодоления сил трения стен по грунту силами собственного веса колодца или с использованием дополнительного пригруза. Для успешного погружения требуется соблюдение условия:

$$Q + Q_{\text{пр}} \geq k_n \sum T \quad (5)$$

Где  $Q$  – собственный вес колодца;

$Q_{\text{пр}}$  – вес пригруза;

$k_n$  – коэффициент условий работы при погружении; принимается равным 1.15;

$\sum T$  – силы трения стен по грунту.

Для уменьшения сил трения используют следующие способы:

1. увеличение веса (толщины стены);
2. тиксотропную рубашку;
3. подмыв грунта под ножом;
4. электроосмос - на оболочке закрепляют металлические полосы (катоды), на расстоянии по периметру забивают металлические стержни (аноды); при подключении тока метод обеспечивает приток воды к стенкам колодца и уменьшает трение.

Работы по возведению опускных колодцев включают следующие этапы:

1. подготовку строительной площадки и приспособлений;
2. сооружение стен колодца;
3. выемку грунта и погружение колодца;
4. заполнение полости колодца бетоном или устройство днища.

Подготовительные работы включают в себя устройство котлована или траншеи в верхних сухих грунтах. Дно котлована должно быть на  $0.5 \div 1$  м выше УГВ.

### Монолитные опускные колодцы

Для уменьшения и равномерной передачи на поверхность грунта давления от первого яруса опускного колодца до начала работ по бетонированию или монтажу под ножевую часть колодца должно быть подготовлено временное основание в виде песчано-щебёночных призм (рис. 25), деревянных или железобетонных подкладок, монолитных или сборных колец (рис. 26).

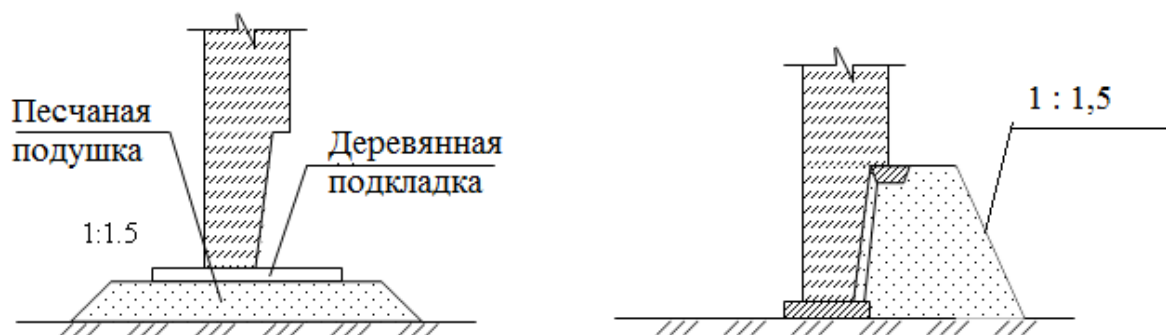


Рис. 25. Устройство песчаных подушек

Опалубка может быть деревянной; железобетонной тонкостенной; металлической переставной; несъемной, оставляемой в конструкции колодца. Часто используют бетонирование ножа в распор в траншее. Форма траншеи повторяет форму ножа. Армирование ведут укрупнёнными блоками, пространственными каркасами. Для бетонирования используют бетон класса

В20 (250), водопроницаемостью W4 – W6, из малоподвижной смеси с осадкой конуса 4 ÷ 6 см, с применением пластифицирующих добавок.

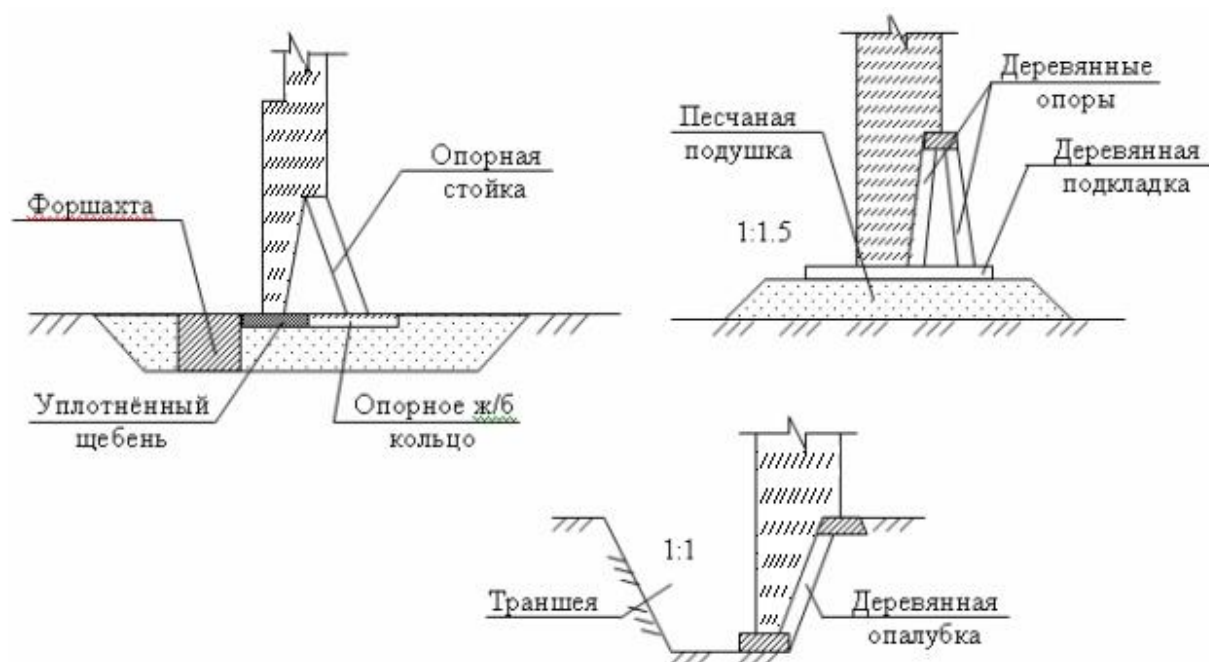


Рис. 26. Бетонирование ножа колодца

Стены колодца при бетонировании разбивают на ярусы высотой 6 ÷ 8 м. Бетонирование каждого последующего яруса производится после набора прочности 1.2 ÷ 1.5 МПа (мегапаскаль) бетоном предыдущего яруса. Бетонирование ведётся слоями 20 ÷ 25 см. Бетонную смесь подают бадьёй непосредственно в конструкцию при ширине более 1.2 м, при ширине 0.5 ÷ 1.2 м через звеньевые хоботы, менее 0.5 м - по лоткам с рабочей площадки. Опускание колодца производится после 100 %-ного набора прочности бетона ножа и первого яруса, 75 %-ной прочности бетоном остальных ярусов.

### Тонкостенные сборные колодцы

Тонкостенные колодцы выполняют из сборных панелей толщиной 0.4 ÷ 0.8 м, длиной 12 м, шириной 1.4 ÷ 2,0 м.

Монтаж сборных колодцев из железобетонных панелей должен произ-

водиться с применением кондукторов (рис. 27).

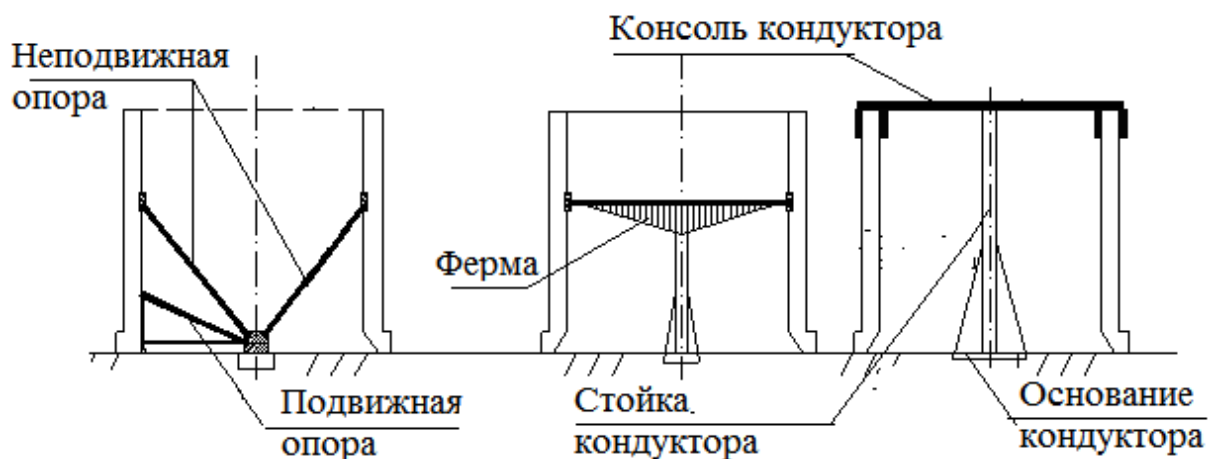


Рис. 27. Монтаж сборных колодцев с использованием кондукторов

Все панели стен колодца привариваются друг к другу соединительными металлическими планками (рис. 28).

С наружной стороны колодца вертикальные стыки закрепляют отдельными металлическими пластинами с шагом 200 мм, с внутренней стороны приваривают сплошную металлическую пластину на всю высоту панели.

Сборные колодцы монтируют полностью до опускания (монолитные могут наращиваться во время опускания).

После монтажа всех панелей, сварки и набора 100 %-ной прочности бетоном заделки стыков, кондукторные системы демонтируются и колодец опускают.

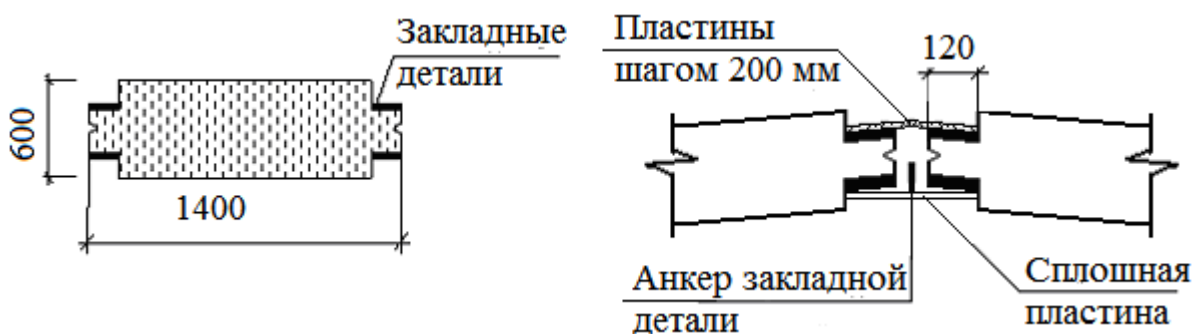


Рис. 28. Устройство стыка панелей сборного колодца

## Сборно-монолитный вариант опускного колодца

При глубине более 12 м для возведения стен колодца рационально использовать пустотелые блоки. Монтаж блоков ведётся по установочным рискам на монолитном ноже по ярусам. Стыки выполняются на сварке с последующим омоноличиванием. Последующий ярус монтируют после замоноличивания пустот нижнего яруса. Пустоты блоков заполняются бетоном после монтажа яруса. Опускание производится после набора 100 %-ной прочности заделки стыков.

Гидроизоляция стен колодцев производится до начала опускания.

Погружение опускных колодцев начинают с разборки временных оснований под ножевой частью.

Разборка песчано-щебёночных призм производится по всему контуру банкетки ножа, исключая расчётные зоны опирания, указанные в проекте. Деревянные подкладки удаляют участками в диаметрально противоположных местах периметра банкетки ножа. Удаление подкладок производят путём подкапывания сбоку и снизу, а затем вытаскивания внутрь сооружения.

Существует два способа погружения опускных колодцев:

1. с водоотливом;
2. без водоотлива.

Погружение с водоотливом используется при небольшом притоке подземных вод, а так же если вблизи нет сооружений, чувствительных к осадкам. В осушенных колодцах большого диаметра для разработки грунта используют экскаваторы с навесным оборудованием «прямая лопата», бульдозеры и кран с бадьёй для подъёма грунта. Иногда для разработки грунта используют взрыв.

В грунтах, исключаящих наплывы грунта из-под ножа, опускание колодцев может производиться с открытым водоотливом, с устройством траншей и сбором воды в приямок.

При больших притоках воды опускание колодцев производят с приме-

нением глубинного водопонижения через скважины, пробуренные за контуром опускного колодца.

Без водоотлива колодцы можно опускать, разрабатывая грунт грейфером, слабые грунты можно разрабатывать гидроэлеваторами. Необходимо всё время поддерживать отметку воды в колодце на уровне подземных вод. Это предотвращает наплыв грунта из-под ножа в колодец и исключает осадку соседних сооружений.

Разработка грунта производится равномерно по всей площади с оставлением расчётных зон опирания (рис. 29). Со стороны ножа оставляют берму шириной  $1 \div 3$  м, которую разрабатывают в последнюю очередь.



Рис. 29. Порядок разработки грунта бермы

Разработку грунта под ножом колодца ведут одновременно на двух диаметрально противоположных участках, начиная от середины участка по направлению к фиксированным зонам, которые разрабатывают одновременно. Грунт под ножевой частью колодца в основном разрабатывают вручную. При погружении тонкостенных конструкций для уменьшения сил трения применяют тиксотропную рубашку. Глинистый раствор предотвращает обрушение грунта и исключает соприкосновение стен колодца и грунта (рис. 30). Силы трения остаются только в пределах поверхности ножа ( $\approx 10\%$ ). Тиксотропная рубашка снижает затраты труда при погружении колодца на  $30 \div 35\%$ , а стоимость на  $15 \div 20\%$ .

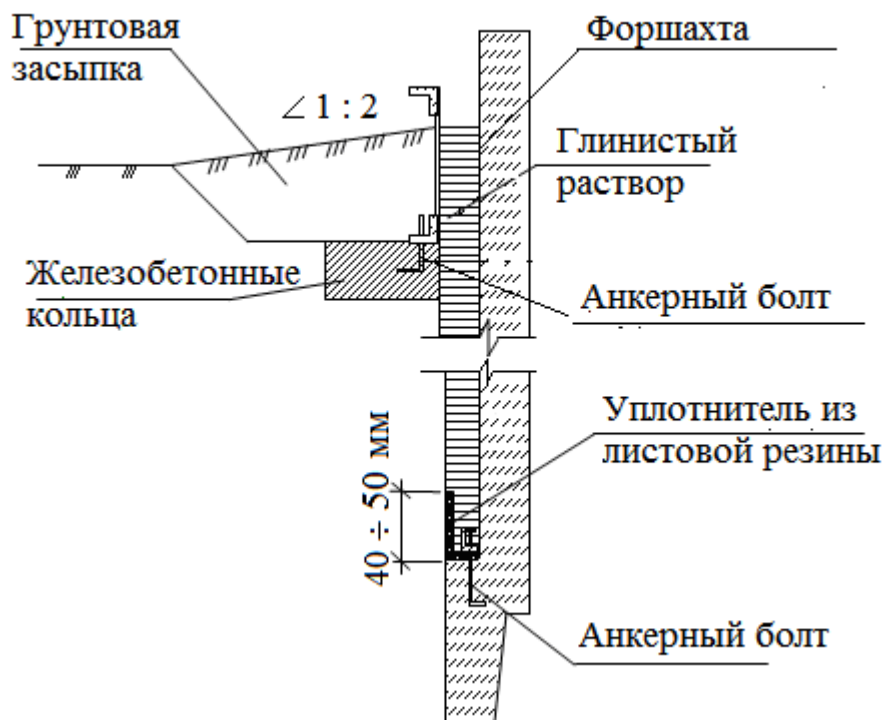


Рис. 30. Тиксотропная рубашка для опускания сборного колодца

При погружении монолитных колодцев на глубину более 20 м используют способ задавливания. По мере погружения колодца в грунт бетонируют верхние ярусы колодца. Скорость погружения в этом случае должна быть увязана со скоростью наращивания колодца и достижения бетоном требуемой прочности.

В процессе погружения ведут геодезический контроль над скоростью погружения и вертикальностью стенок. При обнаружении перекосов их немедленно устраняют.

Устранение перекосов ведут, выбирая грунт у ножа отстающей стороны, или производят размыв (при погружении без водоотлива). Иногда зависшую сторону утяжеляют, навешивая железобетонные блоки.

Скорость погружения колодцев составляет 20 ÷ 40 см в смену.

Погруженные до проектной отметки колодцы в зависимости от назначения полностью (если методом опускного колодца возводят заглубленные

фундаменты) или частично бетонируют. Чаще всего бетонируют днище (если возводят подземное сооружение). Если работы производились без водоотлива, днище бетонируют методом подводного бетонирования. После приобретения бетоном проектной прочности воду откачивают.

При погружении колодцев ниже УГВ необходимо обеспечить их устойчивость против всплытия, которое может произойти после бетонирования днища.

$$\sum Q + 0,5 \sum T \geq \pi \times k_{\text{вс}} \times H_{\text{в}} \times R_{\text{н}}^2 \quad (6)$$

Где  $Q$  – вес колодца;

$T$  – силы трения;

$k_{\text{вс}}$  – коэффициент условий работы на всплытие;  $k_{\text{вс}} = 1.25$ ;

$H_{\text{в}}$  – высота воды;

$R_{\text{н}}^2$  – наружный радиус колодца.

### Прокол

Этот метод основан на образовании отверстий, за счёт радиального уплотнения грунта при вдавливании в него трубы с конусообразным наконечником (рис. 31).

Вдавливание трубы в грунт происходит под давлением гидравлического домкрата, усилие от которого передаётся трубе. На первом звене трубы устанавливается закрытый наконечник диаметром на 20 ÷ 30 мм больше диаметра трубы. Прокол ведут циклично, передвигая трубу на величину рабочего хода домкрата. Трубы наращивают сваркой отдельных секций.

Прокол применяется для прокладки трубопроводов диаметром до 400 мм на длину до 60 м в грунтах без валунов и других скальных включений. В песчаных грунтах применяют вибропрокол. Труба снабжается вибратором, вибрирование уменьшает силы трения.

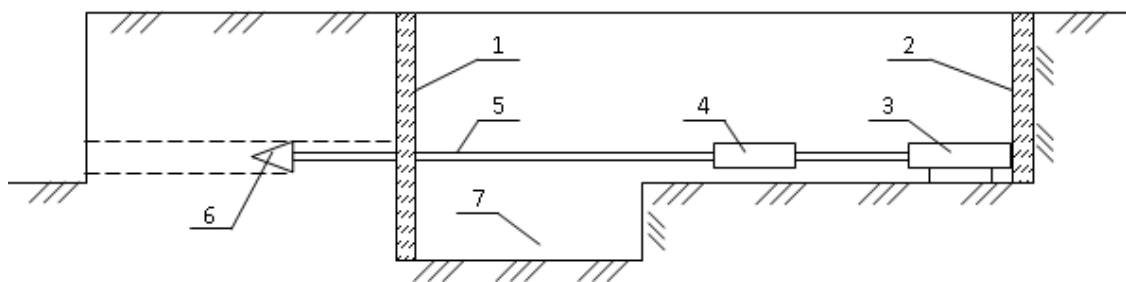


Рис. 31. Прокол: 1 - крепление передней стенки котлована; 2 - упор на задней стенке котлована; 3 - гидравлический домкрат; 4 - нажимные патрубки для передачи давления домкрата трубе; 5 – труба; 6 – наконечник; 7 - приямок для наращивания трубы

### Продавливание

Способ основан на последовательном вдавливании в грунт стальных труб диаметром 0.3 ÷ 1.4 м или железобетонной обделки коллекторных тоннелей диаметром 2.5 ÷ 3.5 м на расстоянии до 70 м (рис. 32).

Первая секция трубы снабжена режущим наконечником и внедряется в грунт с помощью домкратов. Грунт из трубы извлекают различными способами: шнековым устройством, гидравлическим способом и т.д.

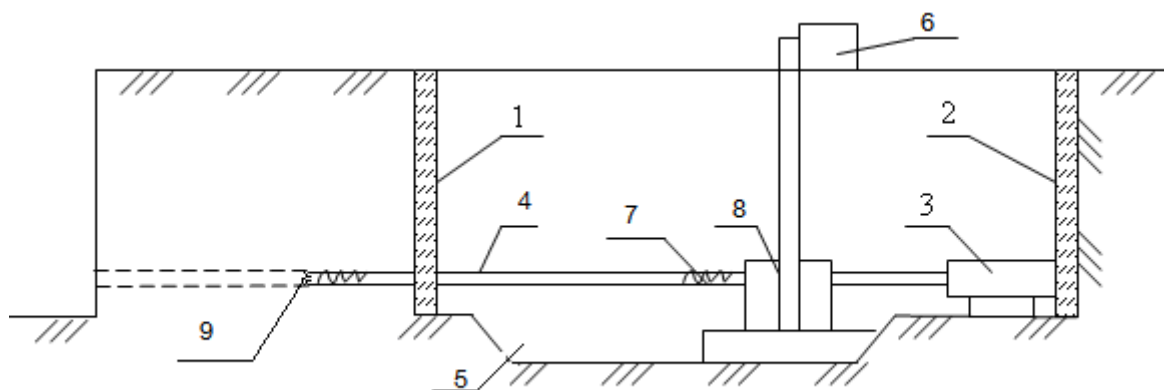


Рис. 32. Продавливание: 1 - крепление передней стенки котлована; 2 - упор на задней стенке котлована; 3 - гидравлический домкрат; 4 - труба; 5 - приямок для наращивания трубы; 6 - привод; 7 - шнековое устройство для извлечения грунта; 8 - рама, передающая давление; 9 - режущий наконечник

## Горизонтальное бурение

Применяется для прокладки труб диаметром до 600 мм на расстоянии до 40 м и производится станками горизонтального бурения. Труба снабжена режущей кромкой и вращается при внедрении в грунт.

При устройстве прокола, продавливания, горизонтального бурения предварительно отрывают котлован в начале проходки и траншею в конце. В котловане размещают необходимые технические средства.

## Метод щитовой проходки

Используется для устройства выработок глубокого заложения диаметром 2 м и более при значительной их протяжённости.

Разработка грунта ведётся под защитой проходческого щита, состоящего из рабочего, домкратного и хвостового отсека (рис. 33).

Продвижение щита в грунте происходит с помощью домкратов, смонтированных в корпус щита (по периметру домкратного отсека).

Упор домкратов производится на смонтированную обделку. До начала работы щита в шахтном стволе устраивают упорную стенку для начального продвижения щита.

Разработка грунта производится в рабочем отсеке щита. Грунт в забое разрушают различными рабочими органами (роторным, штанговым, экскаваторным, режущей решёткой, гидромеханическим, комбинированным). Механизированные щиты приводятся в действие электродвигателями. Грунт в забое разрушают, отрезают его от массива и грузят на конвейер, а затем поднимают на поверхность.

Состав работ при щитовой проходке:

1. устройство шахтного ствола с креплением стенок для спуска и подъёма проходческих щитов, рабочих, выдачи разработанного грунта, подачи материалов и конструкций крепления стен тоннеля; шахтный ствол обычно бывает круглой формы диаметром 2 ÷ 4 м; диаметр принимается в

1.5 ÷ 2,0 раза больше диаметра щита; после завершения работ используют как смотровые колодцы;

2. разработка грунта в забое рабочими органами щита с погрузкой на внутри-тоннельный транспорт;

3. подъём грунта на поверхность земли с погрузкой в самосвалы краном с бадьёй или специальной установкой шахтным подъёмником;

4. подача материала обделки на рабочее место;

5. расчеканка швов между блоками.

Для повышения качества используют бесшовную монолитно-прессованную обделку. В хвостовой части щита устанавливают металлическую опалубку и бетонируют секциями по 500 мм. Бетон уплотняют с помощью реактивного усилия щитовых домкратов, передвигающих жёсткое неразрывное пресс-кольцо между опалубкой и оболочкой щита. Распалубка производится на четвёртые сутки.

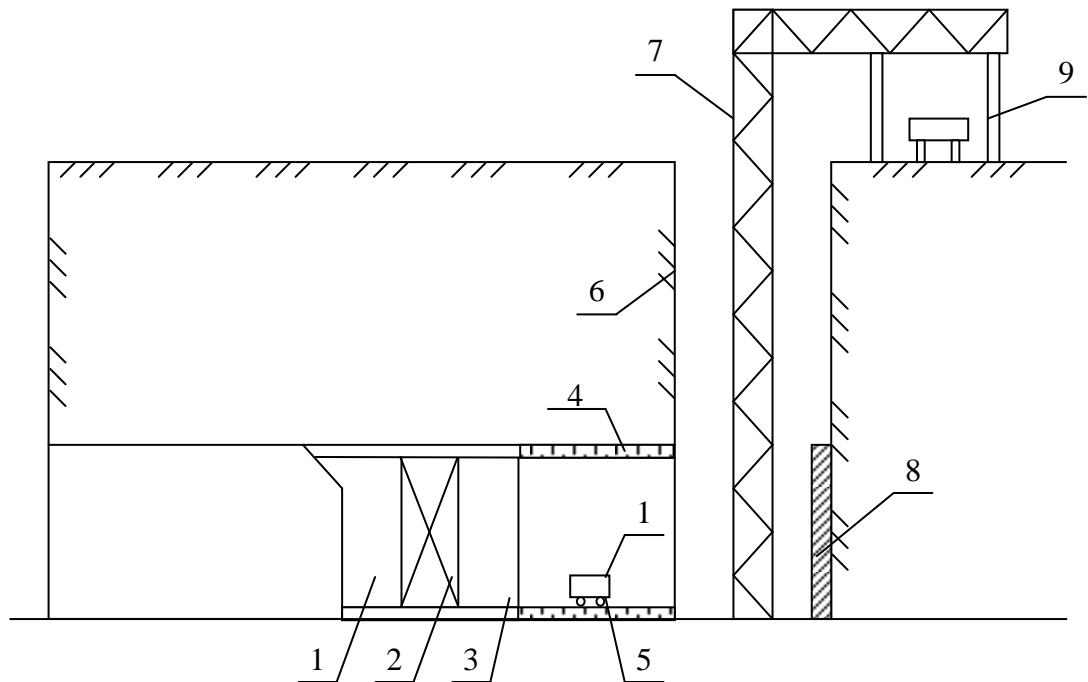


Рис. 33. Щитовая проходка: 1 - рабочий отсек; 2 - домкратный отсек;

3 - хвостовой отсек; 4 - обделка; 5 - вагонетка; 6 - шахтный ствол;

7 - шахтный подъёмник; 8 - упорная стенка;

9 - металлическая рама с бункером для погрузки самосвалов

## Лекция 2.4 «Стена в грунте»

Сущность метода «стена в грунте» заключается в том, что стены заглублённого сооружения возводят в узких и глубоких траншеях, вертикальные стенки (борта) которых удерживаются от обрушения при помощи глинистой суспензии, создающей гидростатическое давление на грунт и выполняющей таким образом роль крепления траншеи. После устройства в грунте траншеи необходимых размеров её заполняют монолитным железобетоном, сборными железобетонными элементами или грунтовым материалом. После окончания устройства «стены в грунте» по периметру сооружения или котлована производят разработку грунта и транспортировку обычным способом.

Применение метода ограничено:

1. при наличии грунтов с пустотами;
2. при наличии насыпных грунтов;
3. при наличии включений обломков строительных конструкций и других препятствий.

Преимущества перед другими методами:

1. позволяет совмещать работы по возведению фундаментов и стен подвала;
2. используется в любых гидрогеологических условиях;
3. позволяет отказаться от забивки шпунта, различного рода креплений, водопонижения и замораживания;
4. даёт снижение расхода на прогрев бетона.

По назначению сооружения делятся на следующие виды:

1. ограждающие или несущие конструкции (фундаменты, стены подвалов и т.д.). Глубина и ширина в зависимости от применяемых механизмов:  $H \leq 30$  м,  $B = 0.2 \div 1.2$  м. Материал: монолитный, сборный, сборно-монолитный бетон или железобетон;
2. противодиффузионные стены (завесы):  $H = 40 \div 50$  м, возможно

до 60 м, В = 0.5 ÷ 3 м. Величина заглубления в водоупор: 0.5 ÷ 1 м – в скальных грунтах, 1.5 ÷ 2 м – в суглинках и глинах. Материал: глина, глинобетон и другие противofiltrационные материалы.

По применяемой технологии существует две разновидности:

1. траншейная;
2. свайная.

Траншейный способ устройства «стены в грунте» производится по двум схемам:

1. стена образуется из отдельных захваток, разрабатываемых и бетонизируемых через одну с последующей разработкой и бетонированием промежуточных (в малоустойчивых грунтах);
2. стена сооружается непрерывной разработкой траншеи и последующим бетонированием сплошной стены по захваткам.

Применяемые механизмы для разработки грунта следующие.

Для рытья неглубоких (до 12 м) траншей шириной 0.5 ÷ 1 м применяют штанговый экскаватор гидравлического или канатного управления. Для разработки на большую глубину используют гидравлические грейферы.

Бурофрезерные машины непрерывного действия СВД–500Р и гидромеханизированный траншеекопатель (ГМТ) применяют для траншей глубиной до 20 м (разрабатывают на всю глубину).

Перед разработкой по верху траншеи устраивают сборный или монолитный воротник (рис. 34) различной конструкции для направления разработки, разметки, крепления арматурных каркасов и т. д.

Для разработки траншей применяют «мокрый» способ с использованием глинистого раствора.

Для приготовления глинистых растворов применяют бентонитовые глины (или местные, содержащие 30 ÷ 50 % глинистых частиц). Плотность глинистого раствора устанавливается по расчёту для обеспечения устойчивости стенок траншей и составляет 1.1 ÷ 1.3 т/м<sup>3</sup>. Устойчивость стенок может

быть повышена за счёт увеличения плотности раствора или уменьшения длины захватки.

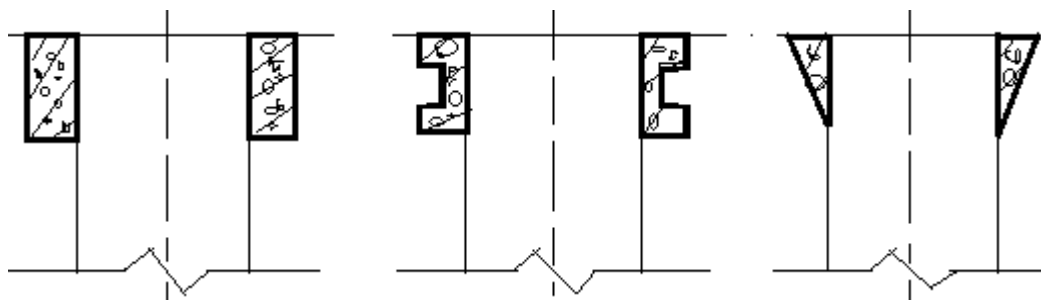


Рис. 34. Схема устройства воротника

Для перекачки глинистых растворов используют комплект оборудования из трубопроводов, насосов, резервуаров для хранения и приготовления растворов.

«Сухой» способ без применения глинистого раствора используется в маловлажных пылевато-глинистых грунтах, обладающих достаточным сцеплением и  $H \leq 7$  м. Расстояние от существующих зданий определяется по расчёту, но должно быть не менее 2 м.

### **Устройство монолитной «стены в грунте»**

Состав работ при устройстве «стены в грунте» следующий.

1. Разработка траншеи с заполнением глинистым раствором. Разработка траншей в зависимости от типа проходческих машин может осуществляться непрерывно или отдельными захватками.
2. Установка каркасов, вывешиваемых на воротник с использованием направляющих труб и кондукторных систем (не более чем за сутки до бетона). При бетонировании методом ВПТ в каркасе оставляют специальное место для установки бетонолитных труб.
3. Бетонирование МВПТ с подачей бетона под давлением через приёмный бункер с вытеснением глинистого раствора.

Бетоноукладочная установка включает в себя:

1. комплект бетонолитных труб с быстроразъёмными соединениями;
2. бункер–воронку для приёма бетонной смеси;
3. стальную вышку с устройством для монтажа и демонтажа труб;
4. кран с бадьёй или бетононасос для подачи бетонной смеси.

При длине захватки до 4 м – одна установка, более 4 м – две установки. Для бетонирования отдельных участков устанавливают ограничители в виде стальной инвентарной трубы или сваи, которые вдавливают между стенками траншеи. Ограничитель должен врезаться на 3 ÷ 5 см в стены, на 30 ÷ 50 см в дно траншеи и надёжно закрепляться на воротнике.

Длина захватки принимается длиной от 3 до 6 м в зависимости от глубины так, чтобы объём бетона был не более 50 ÷ 60 м<sup>3</sup>. Стыки между участками могут быть рабочие и нерабочие. При нерабочих стыках участки между собой не соединяют (при нагрузке работают как отдельно стоящие стенки), а выполняют с использованием инвентарных ограничителей, оставляемых в теле бетона, или заделывают стык нагнетанием бетона. Ограничители переставляют после набора распалубочной прочности. Рабочие стыки (рис. 35) выполняются различной конструкции с перепуском арматуры из одной захватки в другую на 30 диаметров рабочей арматуры через железобетонные элементы или металлические листы, остающиеся в теле бетона.

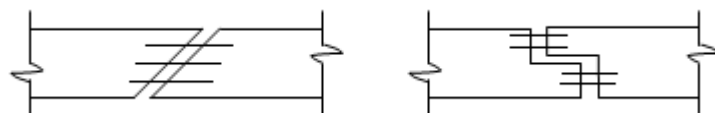


Рис. 35. Устройство рабочих стыков

По первой схеме стена образуется из отдельных захваток, разрабатываемых и бетонированных через одну, с последующей разработкой и бетонирования

нием промежуточных (рис. 36). Размеры захваток определяются величиной раскрытия челюстей и формы ковша. Данная схема применяется, когда устойчивость стенок траншеи не может быть гарантирована в течение необходимого времени.

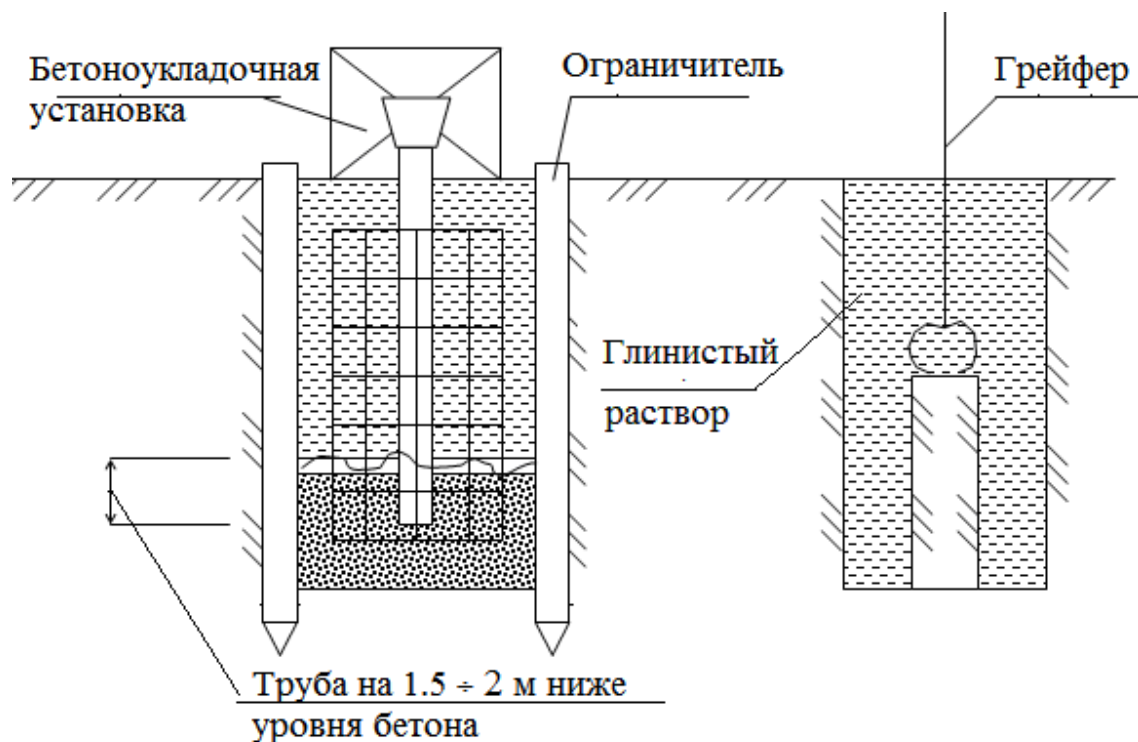


Рис. 36. Схема монолитной «стены в грунте» разработкой траншеи через захватку

При использовании грейфера можно применять обе схемы.

По второй схеме стена сооружается непрерывной разработкой траншеи с последующим бетонированием участками с установкой ограничителей (рис. 37). При использовании машин непрерывного действия или штангового экскаватора можно применять только вторую схему.

Для бетонирования применяют литую бетонную смесь не ниже класса В15 (М200) на 10 % больше, чем указанная в проекте, осадка конуса 16 ÷ 20 см. Перерывы в бетонировании одной захватки не более 1.5 ÷ 2 часов.

Арматуру устанавливают не более чем за сутки до начала бетонирования. Загрязненный бетон толщиной  $15 \div 20$  см удаляют. Вытесняемый глинистый раствор собирают в отстойниках для дальнейшего использования после очистки или перекачивают по лоткам во вновь разрабатываемую секцию.

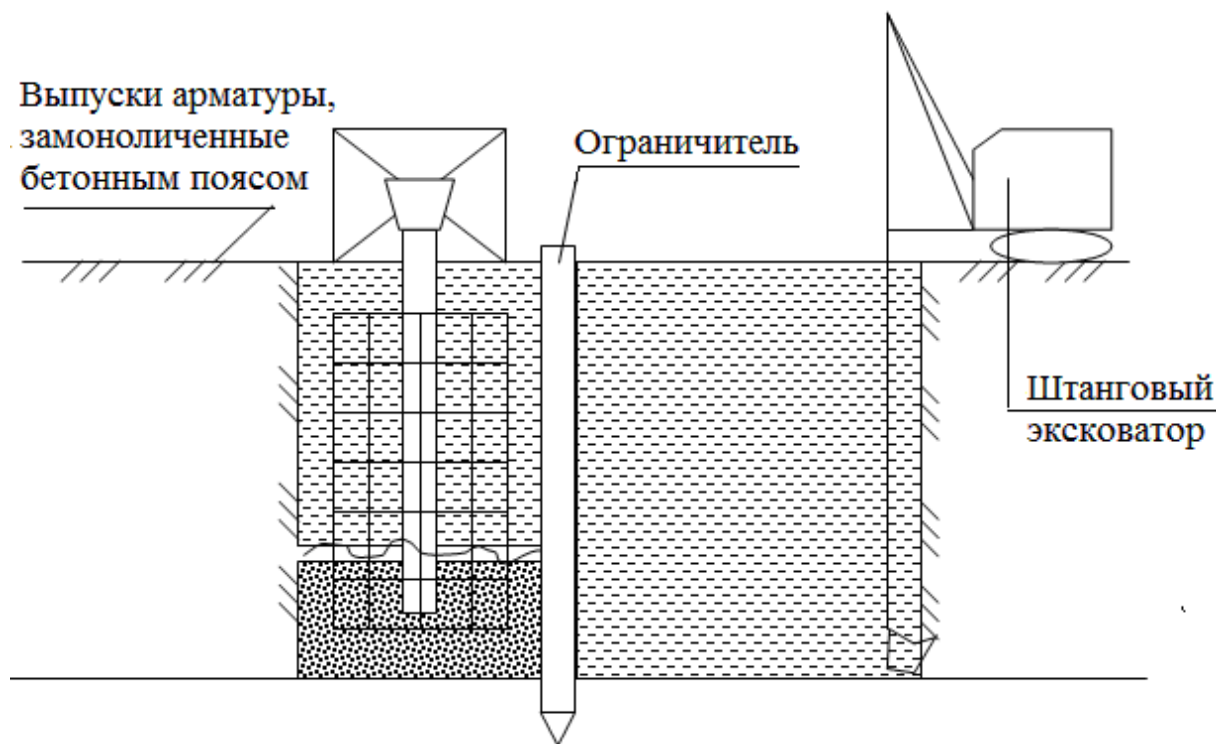


Рис. 37. Схема монолитной «стены в грунте» сплошной разработкой траншеи

### Устройство «стены в грунте» из сборных элементов

Состав работ:

1. разработка траншей с глинистым раствором;
2. установка сборных элементов;
3. замоноличивание низа панелей и стыков;
4. заполнение пазух тампонажными растворами.

Толщина панелей принимается на 10 см меньше ширины траншей.

Ширина панелей возможно большая для уменьшения количества стыков.

Разработка траншей ведётся теми же механизмами, что и в монолитном варианте.

Монтаж сборных элементов начинают в траншеях длиной  $6 \div 7$  м (рис. 39). Установка первой панели производится с тщательной выверкой и использованием кондуктора (рис. 38). Монтаж последующих панелей ведётся с использованием направляющих в виде шаблона (двутавр, труба и т.д.), съёмных или несъёмных (оставляемых в стыке) (рис. 39).

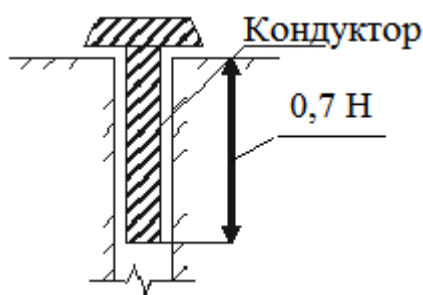


Рис. 38. Кондуктор для монтажа первой панели

Для разработки траншей глубиной до 12 м используют штанговый экскаватор, более 12 м – гидравлический грейфер.

При установке производится контроль положения верха панелей.

Временное крепление производится в два этапа:

1. сварка закладных деталей;
2. заделка бетоном низа панелей.

При глубине более 12м «стена в грунте» выполняется сборно-монолитной, где нижнюю часть заполняют бетоном, а затем монтируют сборные панели, заделывая их в бетон.

### **Технологии заделки стыков**

1. Если не производится разработка котлована (фундамент), в траншею подаётся цементный раствор до монтажа панелей. Плотность его выше, и он вытесняет глинистый раствор, заполняя нижнюю часть траншеи. Затем монтируют панели, при этом оставшийся цементный раствор заполня-

ет швы между панелями, полностью вытесняя глинистый раствор.

2. Вертикальные зазоры между панелями заполняют путём нагнетания цементного раствора.

3. Если разрабатывается котлован, то обнажающийся стык очищают от песка и остатков глинистого раствора и заделывают насухо. После заделки стыков по верху панелей, устраивают монолитный пояс (обвязочную балку).

Для заделки пазух между панелями и траншеей используют тампонажный раствор: глиноцементнопесчаные или глинощебнепесчаные композиции.

Тампонажный раствор подают по инъекционным трубам диаметром 50÷60 мм. Гравийно-песчаные смеси подают бадьями. Тампонажные смеси подаются до полного вытеснения раствора глины.

Если разрабатывается котлован, то внутренние пазухи заделывают легко разрабатываемыми грунтами (песок, щебень и т.д.).

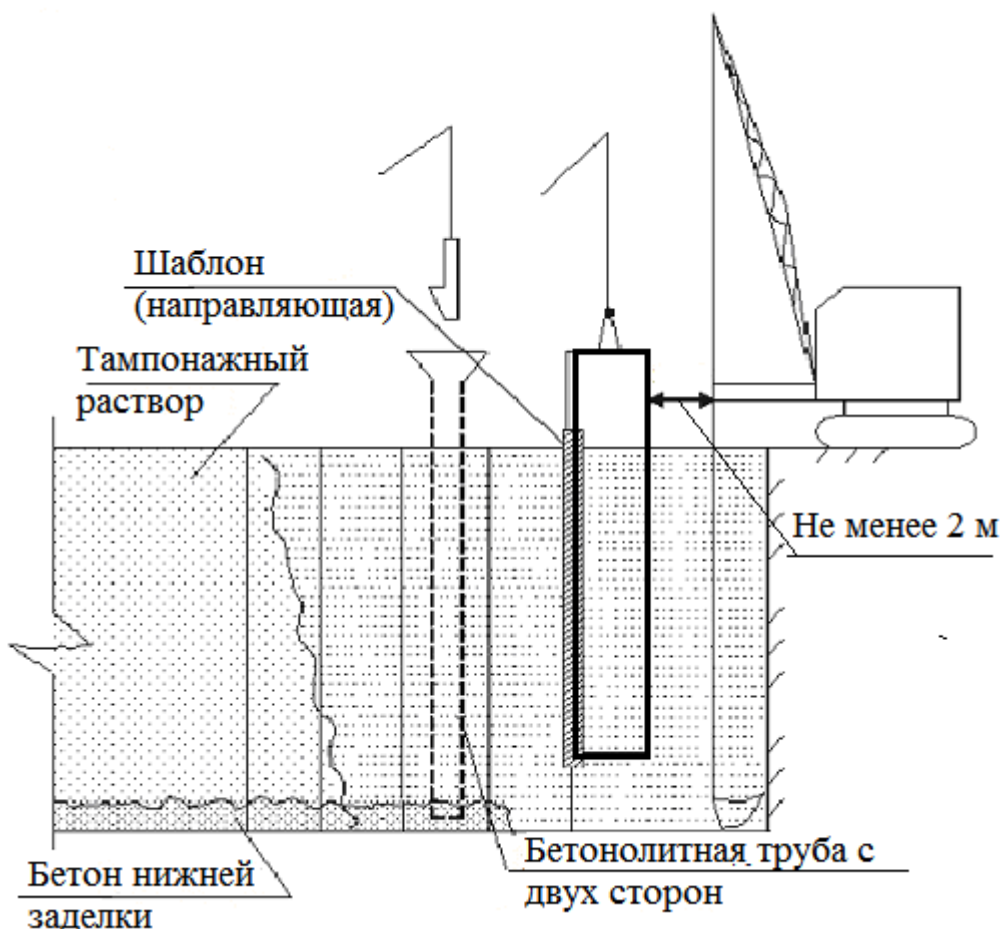


Рис. 39. Устройство сборной стены в грунте

Разработку котлована ведут равномерно и только после набора 75 %-ной прочности инъекционного раствора, а также не ранее чем через трое суток после забутовки.

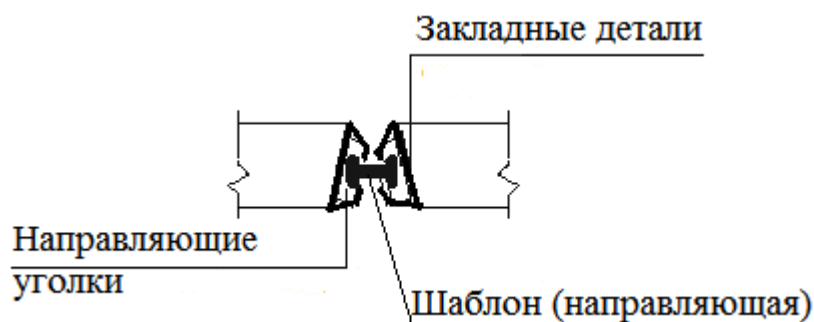


Рис. 40. Стык между панелями

В Чехии разработан метод «сборной стены в грунте» с применением специальной самотвердеющей суспензии из воды, глины, цемента и химических добавок. Во время разработки суспензия обеспечивает устойчивость стенок, а после монтажа сборных элементов твердеет и передает нагрузку от элементов на грунт основания, а также омоноличивает их.

В Японии метод «стена в грунте» широко применяется исходя из природных условий. Используют метод пробуриваемых скважин с шагом 1.5 ÷ 5.5 м, затем грунт между ними выбирают, устанавливают каркасы и бетонируют. Применение предварительно пробуриваемых скважин повышает скорость проходки в 2 ÷ 3 раза.

### **Технология изготовления свайных «стен в грунте»**

Свайная «стена в грунте» состоит из сплошного ряда вертикальных буронабивных свай. По технологии изготовления делятся на стены с прерывистым расположением свай и стены из секущихся свай.

Стены с прерывистым расположением свай возводятся в малоувлажнённых устойчивых грунтах без применения глинистых (рис. 41) суспензий. Бетонирование ведётся с опалубочными формами.

Пространство между сваями инъецируется бетоном.

Метод секущихся свай производится двумя способами

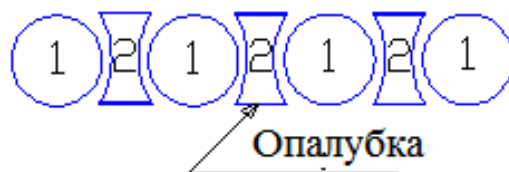


Рис. 41. Свайная стена с прерывистым расположением свай

По первому способу скважины №1 пробуриваются и бетонируются без армирования (рис. 42).

Скважины №2 пробуриваются, пересекая свежееуложенный бетон, бетонируются с армированием.

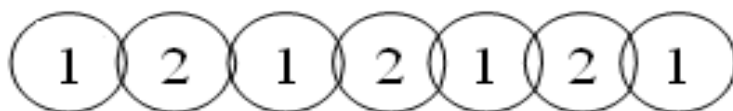


Рис. 42. Свайная стена из секущихся свай

По второму способу свайная стена возводится из последовательно пробуриваемых и бетонируемых свай (рис. 43).

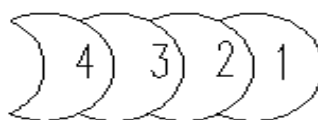


Рис. 43. Свайная стена из последовательно пробуриваемых и бетонируемых свай

Порядок производства работ следующий:

1. последовательное бурение всех скважин на захватке с использованием направляющих труб;
2. армирование каждой скважины фигурными каркасами;

3. бетонирование скважин МВПТ (с оставлением 2 ÷ 3 скважин незабетонированными);
4. извлечение направляющих труб и вибрирование бетона.

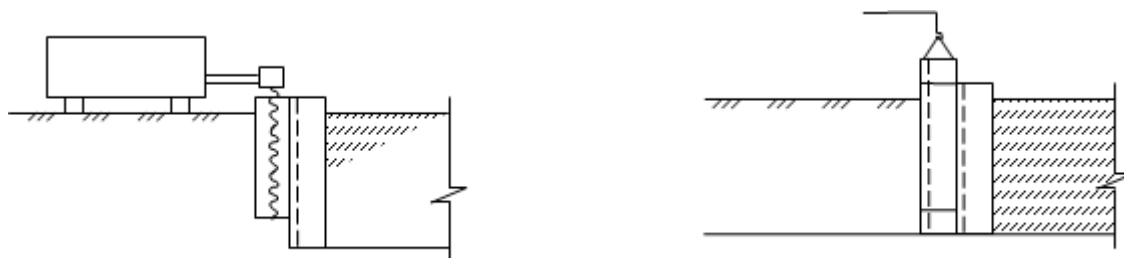


Рис. 44. Бурение скважин с обсадными трубами

Для бурения скважин используют буровые станки ударного и вращательного действия (рис. 44). Для бетонирования, вибрирования, установки и извлечения обсадной трубы используют кран. Для уплотнения применяют глубинный вибратор (рис. 45).

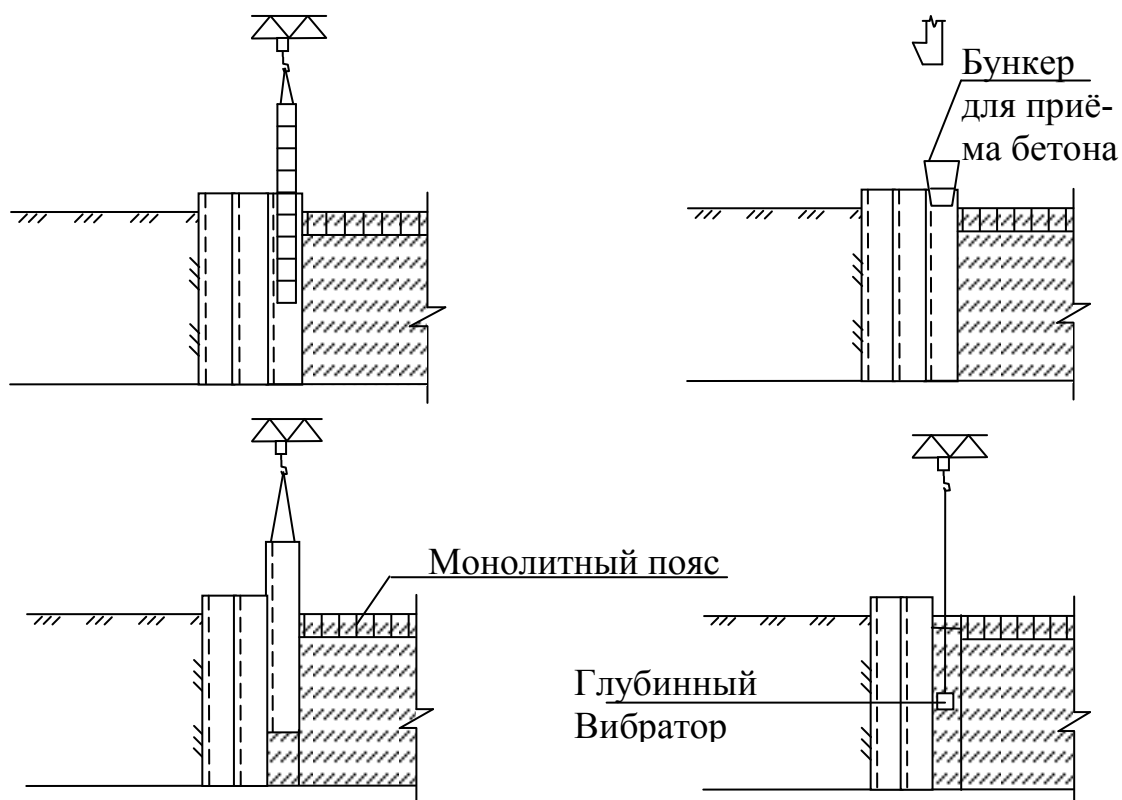


Рис. 45. Порядок производства работ

## Модуль 3. Технологические процессы возведения зданий из сборных элементов

### Лекция 3.1 Возведение одноэтажных промышленных зданий

Для монтажа конструкций одноэтажных промышленных зданий применяется раздельный и комплексный монтаж.

Раздельный метод применяется для монтажа фундаментов, колонн, подкрановых балок, перегородок и наружного стенового ограждения. При этом значительно упрощается выверка монтируемых элементов, увеличивается производительность труда, что способствует более полному использованию грузоподъемности монтажных средств.

Для монтажа конструкций покрытия применяется как раздельный, так и комплексный методы монтажа. Достоинства и недостатки этих методов будут рассмотрены в разделе о монтаже конструкций покрытий.

В комплексный поток монтажа конструкций покрытия можно включать также монтаж подкрановых балок, если для них выбран кран такой же грузоподъемности.

Монтаж конструкций одноэтажных зданий ведётся стреловыми самоходными кранами.

Для выбора количества кранов в одноэтажных зданиях необходимо рассчитать коэффициент монтажной массы  $K_{m.m}$  по формуле:

$$K_{m.m} = \frac{Q_{cp}}{Q_{max}} \quad (7)$$

Где  $Q_{cp}$  – средний вес конструкций;

$Q_{max}$  – максимальный вес конструкций.

Если  $K_{m.m} < 0.6$ , то принимают два и более крана, если  $K_{m.m} > 0.6$  – один кран.

При выборе кранов (рис. 46), независимо от их количества, необходимо произвести расчёт параметров стрелового крана для всех конструкций (фундамента, колонн, ферм и т.д.).

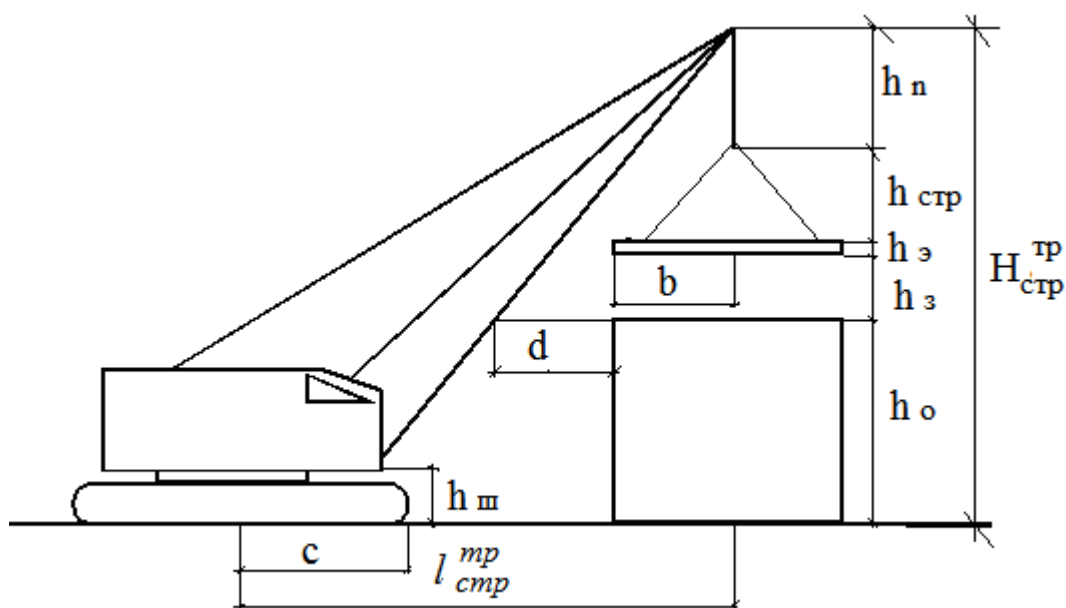


Рис. 46. Схема параметров стрелового крана

Расчётная формула требуемой высоты подъёма крюка:

$$H_{стр}^{тр} = h_o + h_з + h_э + h_{стр} + h_n, \quad (8)$$

Где  $H_{стр}^{тр}$  – требуемая высота подъёма крюка, м;

$h_o$  – проектная высота ранее смонтированного элемента, м;

$h_з$  – запас по высоте, требующийся по условиям безопасности для завода конструкций к месту установки или переноса их через ранее смонтированные конструкции (принимается не менее 0,5м);

$h_э$  – высота монтируемого элемента в монтажном положении, м;

$h_{стр}$  – высота строповки в рабочем положении от верха монтируемого элемента до низа крюка крана, м;

$h_n$  – высота полиспаста в стянутом состоянии, м.

Требуемый вылет стрелы крана  $l_{стр}^{mp}$  определяется по формуле:

$$l_{\text{стр}}^{\text{тр}} = \frac{(b + d) \times (H_{\text{стр}}^{\text{тр}} - h_{\text{ш}})}{h_3 + h_э + h_{\text{стр}} + h_{\text{п}}} + C, \quad (9)$$

Где  $l_{\text{стр}}^{\text{тр}}$  – требуемый вылет стрелы крана;

$C$  - расстояние от оси вращения крана до оси вращения пяты, определяемое конструктивным решением крана (для предварительных расчётов можно принять 2 м);

$h_{\text{ш}}$  – высота шарнира пяты стрелы от уровня стоянки крана, (для предварительных расчётов можно принять 1,5 м);

$b$  - расстояние от центра строповки монтируемого элемента до грани элемента расположенного ближе всего к стреле крана, (расстояние до центра тяжести монтируемого элемента);

$d$  - расстояние от оси стрелы до ранее смонтированного элемента, включая зазор между элементом и стрелой (для предварительных расчётов можно принять равным 1 м).

Расчётная формула требуемой длины стрелы крана:

$$L_{\text{стр}}^{\text{тр}} = \sqrt{(l_{\text{стр}}^{\text{тр}} - C)^2 + (H_{\text{стр}}^{\text{тр}} - h_{\text{ш}})^2}, \quad (10)$$

Где  $L_{\text{стр}}^{\text{тр}}$  - длина стрелы крана;

$l_{\text{стр}}^{\text{тр}}$ ,  $h_{\text{ш}}$ ,  $H_{\text{стр}}^{\text{тр}}$ ,  $C$  – указаны в формулах (8) и (9).

### **Раздельный монтаж колонн одноэтажного промышленного здания**

Колонны одноэтажных зданий массой от 1.8 до 26,0 т, высотой 3,8 ÷ 19 м монтируют в фундаменты стаканного типа.

До установки колонн в фундаменты необходимо произвести следующие работы:

1. принять по акту (с приложением исполнительной геодезической схемы) фундаменты;
2. закрыть стаканы фундаментов и засыпать пазухи фундаментов (произвести обратную засыпку);
3. устроить подъезды для крана и транспортных средств;
4. подготовить площадки для складирования колонн;
5. доставить в зону монтажа необходимые монтажные средства и инструменты (согласно нормоккомплекту);
6. нанести риски установочных осей на верхние грани фундаментов и боковые грани колонн.

Строповку колонн осуществляют фрикционными или штыревыми захватами с местной или дистанционной расстроповкой (рис. 47).

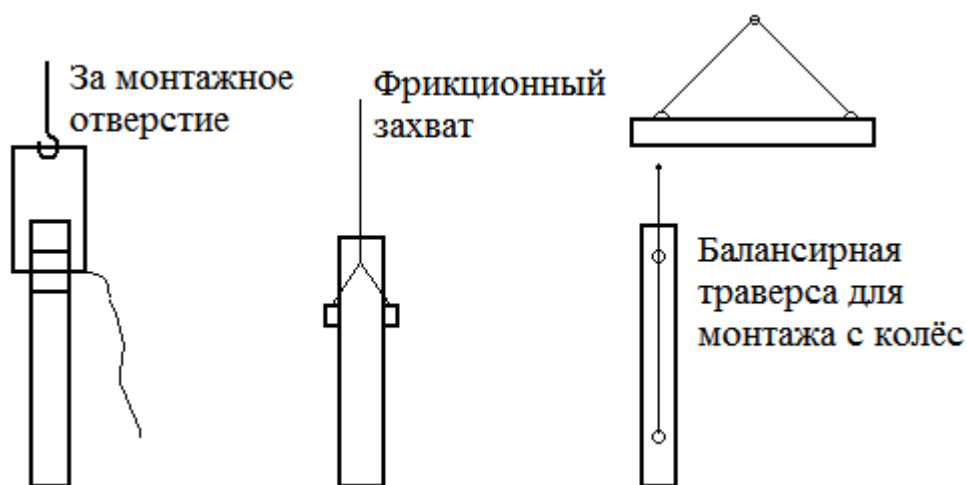


Рис. 47. Способы строповки колонн

Стропуют колонны за монтажные петли или специальный стержень, пропускаемый через отверстие в колонне. При монтаже с транспортных средств используют балансирные траверсы, позволяющие переводить колонну из горизонтального положения в вертикальное положение на весу.

Перед монтажом на колонну навешивают лестницы и хомуты для навески подмостей и устройства расчалок. Для монтажа колонн применяются самоходные стреловые краны (автомобильные, гусеничные, пневмоколесные) и башенные краны.

Для уменьшения длины стрелы используют стрелы, оборудованные вильчатым оголовником (рис. 48). Строповку колонн производят выше центра тяжести конструкции.

При большом объёме работ для ориентирования колонн используют жёсткие манипуляторы, которые являются сменным оборудованием крана, закрепляемым на основании стрелы (рис. 48).

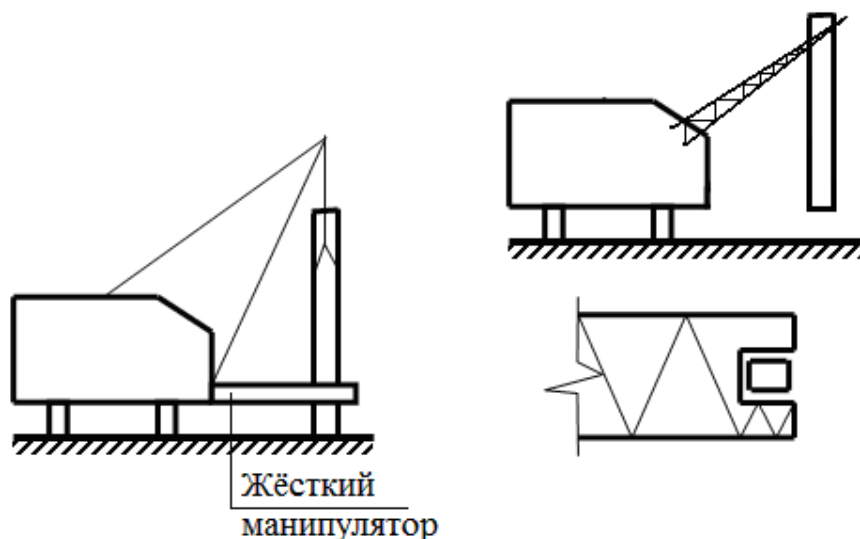


Рис. 48. Дополнительное оборудование крана для монтажа колонн

Манипулятор позволяет осуществлять точное перемещение колонн в горизонтальной и вертикальной плоскости при управлении машинистом из кабины крана.

Как правило, железобетонные колонны одноэтажных зданий раскладывают возле подготовленных к монтажу фундаментов на деревянные подкладки таким образом, чтобы не менять вылет стрелы крана во время монта-

жа(рис. 49). Для нетяжёлой колонны применяется метод монтажа «на весу», для тяжёлой двухветвевой колонны - методы поворота и поворота со скольжением.

Схема движения крана принимается в зависимости от величины пролётов и шага колонн (рис. 50, 51).

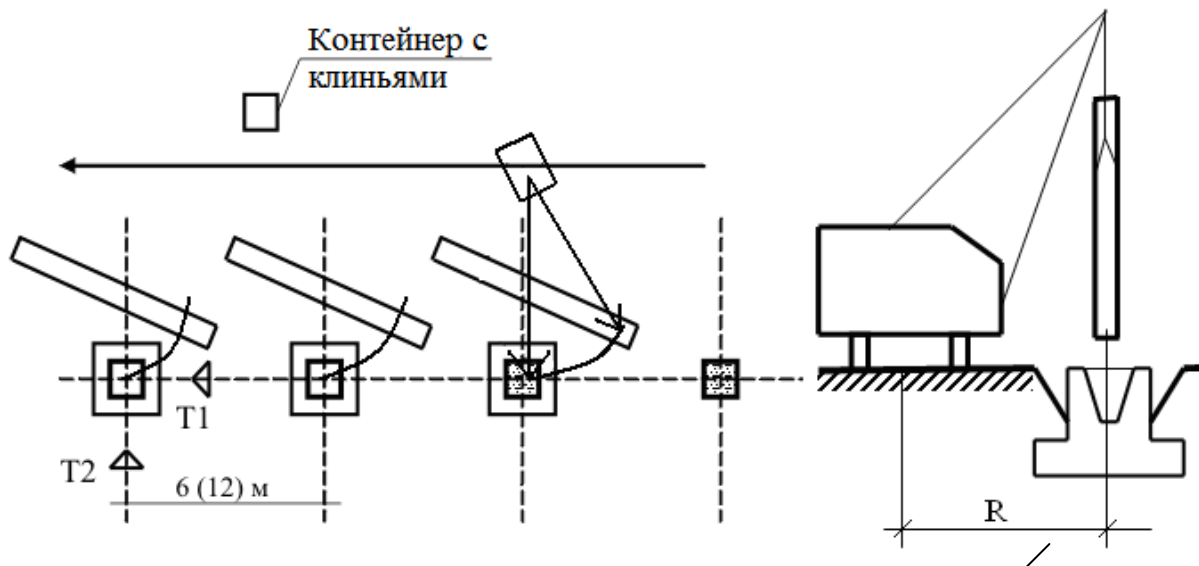


Рис. 49. Схема установки колонн в фундаменты

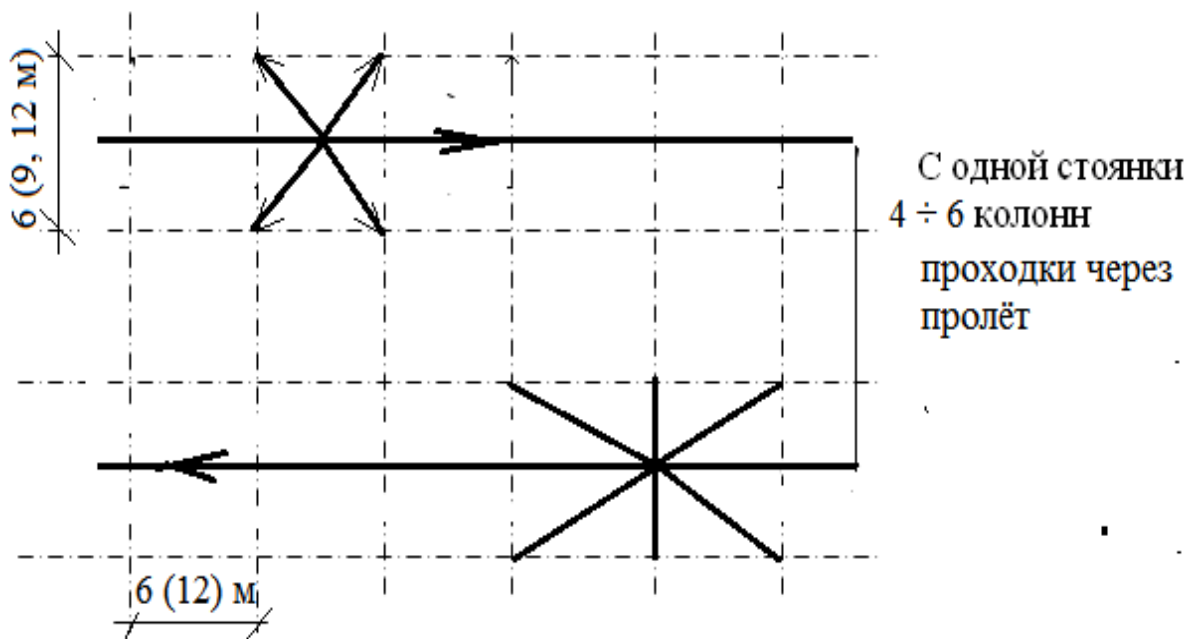


Рис. 50. Схема движения крана в зданиях с пролётом 6, 9, 12 м

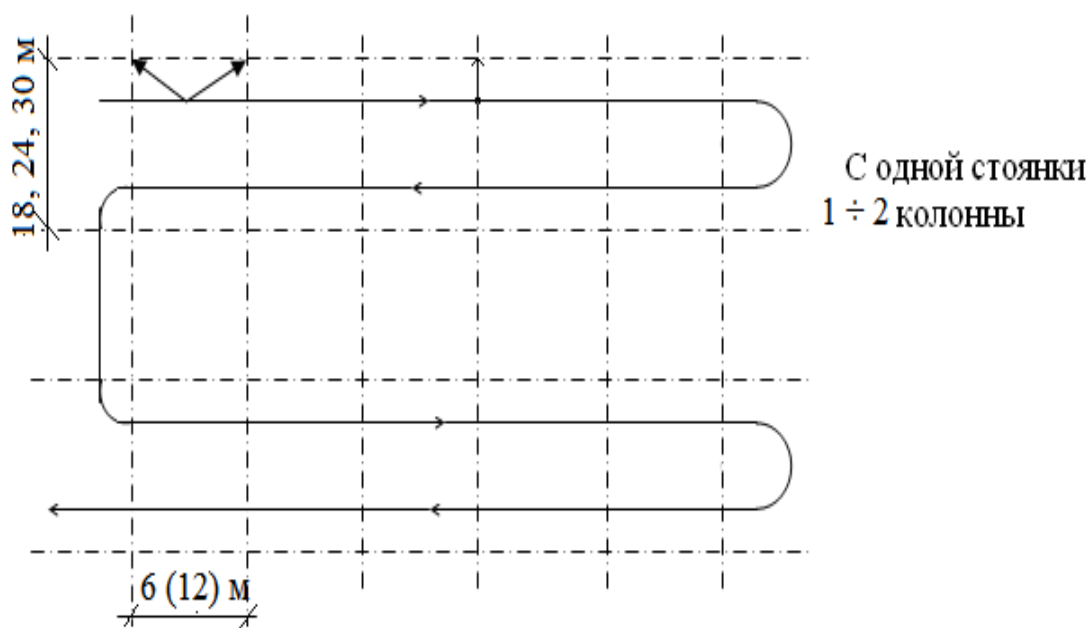


Рис. 51. Схема движения крана в зданиях с пролётом 18, 24, 30 м

### Выверка и временное крепление

Проектные отметки опорных площадок по высоте обеспечиваются установкой на дно стакана фундамента армобетонных подкладок размером 100×100 мм толщиной 20 и 30 мм из раствора М200 армированные сеткой 10×10 см из проволоки диаметром 1 мм или устройством выравнивающего слоя из бетонной или растворной смеси.

Совмещение осей колонны и разбивочных осей на фундаменте следует контролировать по двум перпендикулярным осям с помощью деревянного угольника и металлического метра. Вертикальность колонн необходимо проверять с помощью двух теодолитов по двум взаимно перпендикулярным разбивочным осям (рис. 52). Отметки опорных площадок для подкрановых балок и стропильных конструкций, а также дна стаканов контролируют нивелированием.

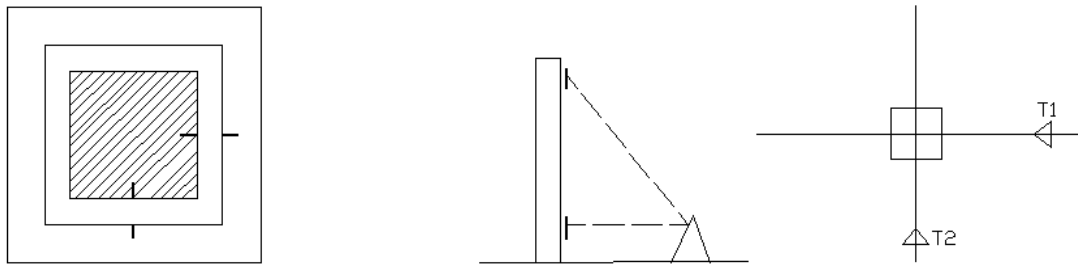


Рис. 52. Выверка колонн

Для временного крепления колонн в стакане фундамента используют клинья (деревянные, железобетонные, металлические), инвентарные клиновые вкладыши, жёсткие кондукторы (рис. 53).

Для крепления колонн сечением  $400 \times 400$  мм используют четыре клина или клиновых вкладыша, при большем сечении и двухветвевых колоннах - шесть клиньев (рис. 54).

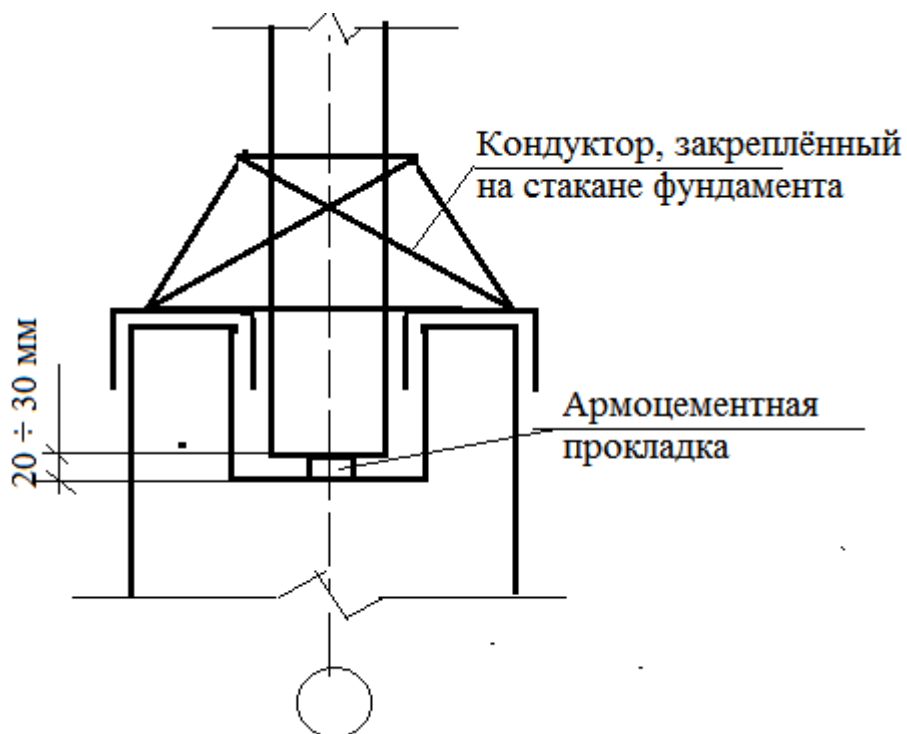


Рис. 53. Установка кондуктора

Уплотнение бетона замоноличивания производят с помощью щелевых вибраторов.

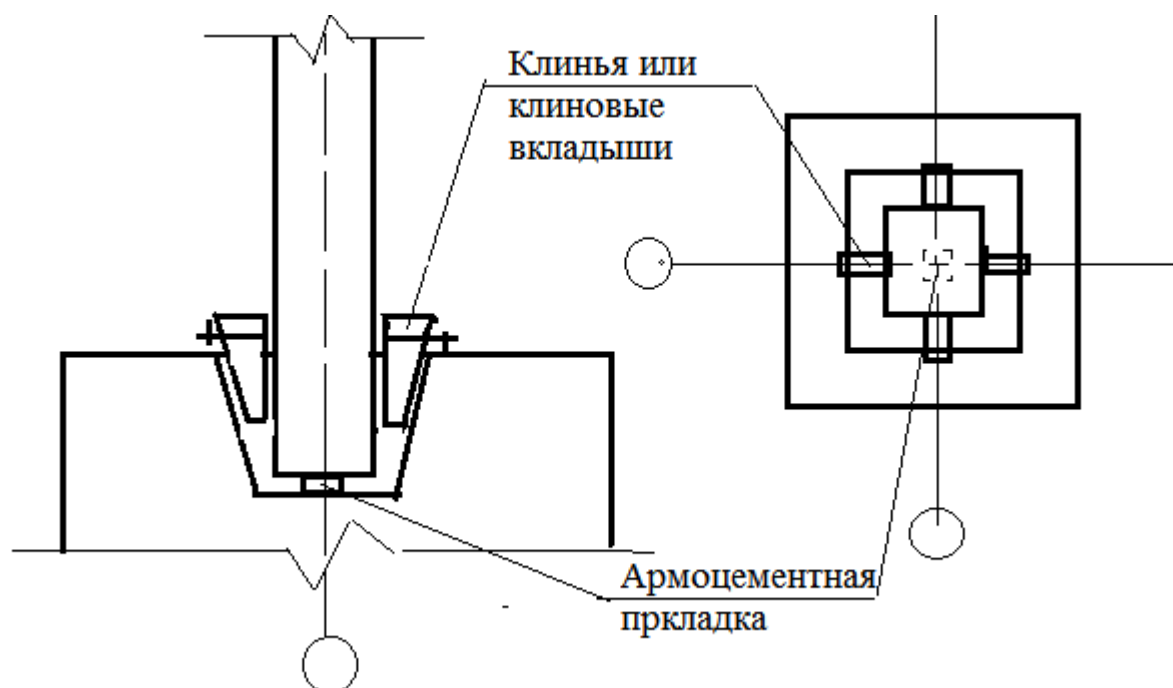


Рис. 54. Временное крепление колонн в стакане фундамента

Железобетонные клинья не извлекают из бетона стыка, а металлические и деревянные извлекают после набора необходимой прочности. Клиновые вкладыши извлекают при достижении прочности, указанной в проекте или 50 %-ной прочности в стыке. Клиновые вкладыши отличаются от клиньев тем, что они устанавливаются и извлекаются с помощью винтового устройства. Клинья устанавливают и извлекают кувалдой.

При высоте колонны до 12 м достаточно только временных креплений по низу колонны.

При высоте колонны от 12 до 18 м крепление производят расчалками в плоскости наименьшей жёсткости (рис. 55).

Крепление расчалок производят за монтажные петли фундаментов или железобетонные якоря.

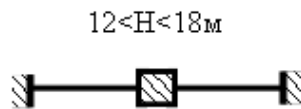


Рис. 55. Временное крепление колонн высотой до 18 м

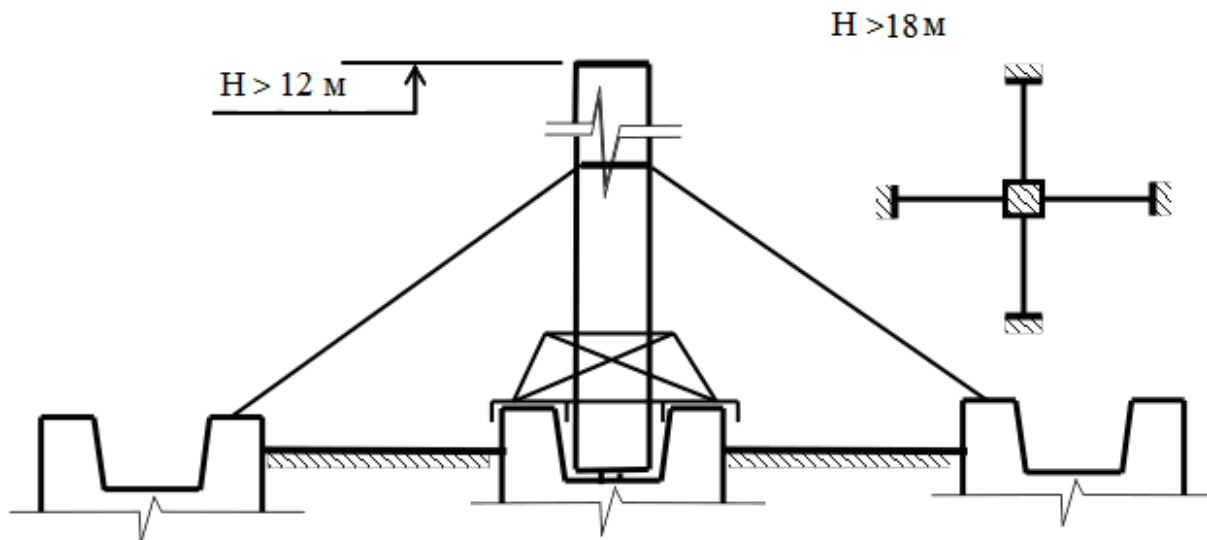


Рис. 56. Временное крепление колонн расчалками

Если высота колонны больше или равна 18 м, крепление расчалками производят в двух перпендикулярных направлениях (рис. 56) за специально установленные якоря.

### **Монтаж металлических колонн**

При подготовке к монтажу проверяют отметку опоры и расположение анкерных болтов (исполнительная схема геодезической съёмки).

Строповку двухветвевых колонн осуществляют за основание ветвей. Для захвата приваривают специальные металлические пластины и петли.

Используют способы поворота и поворота со скольжением.

При установке колонны на заранее выверенную строганную плиту применяют безвыверочный монтаж. Колонна должна иметь фрезерованные опорные поверхности. Выверка опорной плиты производится до монтажа колонны.

Устойчивость колонн осуществляется затяжкой анкерных болтов (рис. 57) и устройством расчалок в плоскости наименьшей устойчивости (постоянные связи по колоннам) для колонн высотой до 15 м. Для колонн более 15 м способ раскрепления указывается в ППР (подкосы, связи, расчалки). Первые две колонны раскрепляют постоянными или временными жёсткими связями.

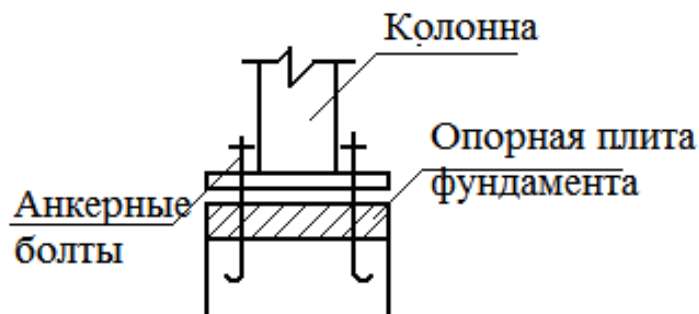


Рис. 57. Крепление металлической колонны

### **Монтаж железобетонных подкрановых балок**

Подкрановые балки имеют пролёт от 6 до 12 м, вес 4.2 и 11.6 т. До начала монтажа подкрановых балок, кроме общей подготовки к монтажу, должны быть соблюдены следующие условия:

1. смонтированы и закреплены по проекту колонны и вертикальные связи по ним;
2. стык колонны в стакане фундамента должен набрать 70 %-ную прочность;
3. перед установкой балок проведена геодезическая проверка правильности положения колонн (отметки подкрановых консолей).

Прогрессивная технология работ предусматривает обеспечение вертикальных проектных отметок опорных поверхностей консолей колонн до монтажа подкрановых балок. С этой целью до монтажа подкрановых балок выполняют нивелирную съёмку отметок консолей колонны. За проектную отметку принимают наибольшую, а к закладным деталям остальных приваривают выравнивающие металлические пластины необходимой толщины. Строповку подкрановых балок (рис. 58, 59) осуществляют за монтажные петли в зависимости от веса стропами, траверсами, клещевыми захватами, в обхват стропами с использованием подкладок из металлического уголка. За монтажные петли можно вести строповку при длине подкрановой балки 6 м, а при длине 12 м необходимо использовать траверсу.

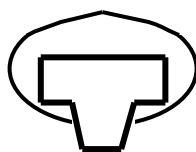


Рис. 58. Строповка подкрановой балки клещевым захватом

Необходимо учитывать армирование подкрановых балок в расчёте на монтажные нагрузки. Рационально монтировать подкрановую балку с прикреплёнными к ней подкрановыми рельсами.



Рис. 59. Строповка подкрановых балок в обхват

Подкрановые балки предварительно раскладывают (рис. 60) у места монтажа в шахматном порядке или под углом таким образом, чтобы обеспечить доступ к торцам балок для нанесения рисок, и крепят к ним оттяжки из пенькового каната.

Монтажники находятся на монтажных площадках, закреплённых на колонне, куда они поднимаются по навесным лестницам. Приставные лестницы используют при небольшой высоте (до 2 м).

После строповки балку поднимают выше проектной отметки на 300 ÷ 500 мм и с помощью оттяжек заводят в проектное положение.

При установке подкрановых балок риски на нижней торцевой грани балки должны совпадать с разбивочными осевыми рисками на консолях колонн. Положение разбивочной оси подкрановых балок выверяют с помощью теодолита или струны и отвеса.

Выверку производят после монтажа подкрановых балок на захватке. Захваткой является длина температурного блока.

В случае использования теодолита на последней балке над маячной отметкой на высоте 0.5 м устанавливают П-образную скобу с отвесом, служащим ориентиром для наведения теодолита (рис. 61). Выверка промежуточных балок ряда производится путём совмещения рисок на верхних полках с визирной осью теодолита, который устанавливают над маячной отметкой на первой балке смонтированного ряда.

Наведение визирной оси теодолита производят при помощи геодезической рейки.

Для определения разбивочной оси смежного ряда балок в пролёте первую и последнюю балки выверяют путём отмеривания стальной кампированной рулеткой размера базовой оси мостового крана от установленного ряда и нанесения маячных отметок на первую и последнюю балки. Остальные балки ряда выверяют путём совмещения геометрической и разбивочной оси.

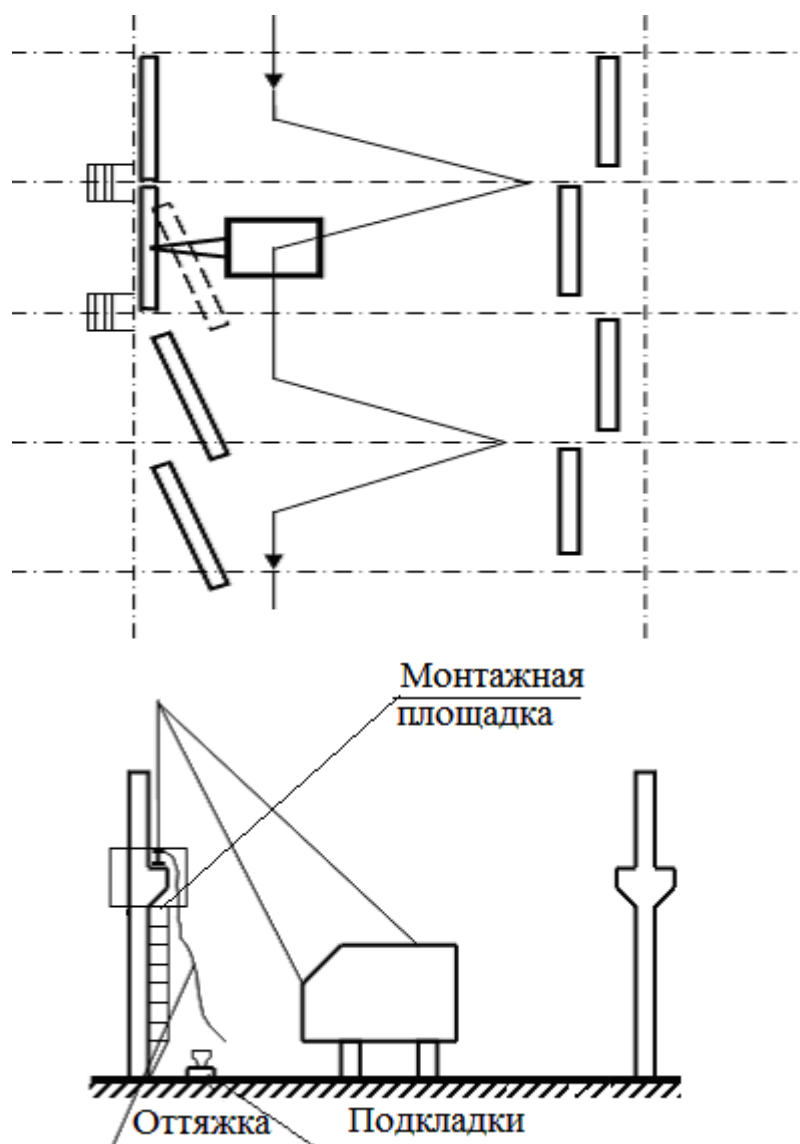


Рис. 60. Монтаж подкрановых балок

В случае использования струны и отвеса струна натягивается по кронштейнам, приваренным к крайним колоннам ряда на расстоянии 750 мм от их осей (рис. 61).

Временное крепление подкрановых балок осуществляется с помощью струбцин, закрепляемых за колонны.

Окончательное закрепление подкрановых балок производят после выверки на захватке путём сварки закладных деталей по верхнему и нижнему поясу подкрановых балок.

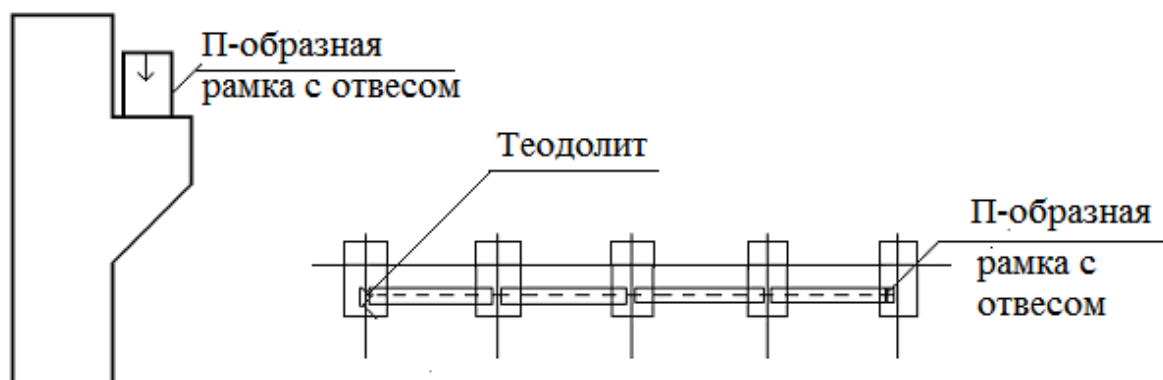


Рис. 61. Выверка подкрановых балок по теодолиту и рамке

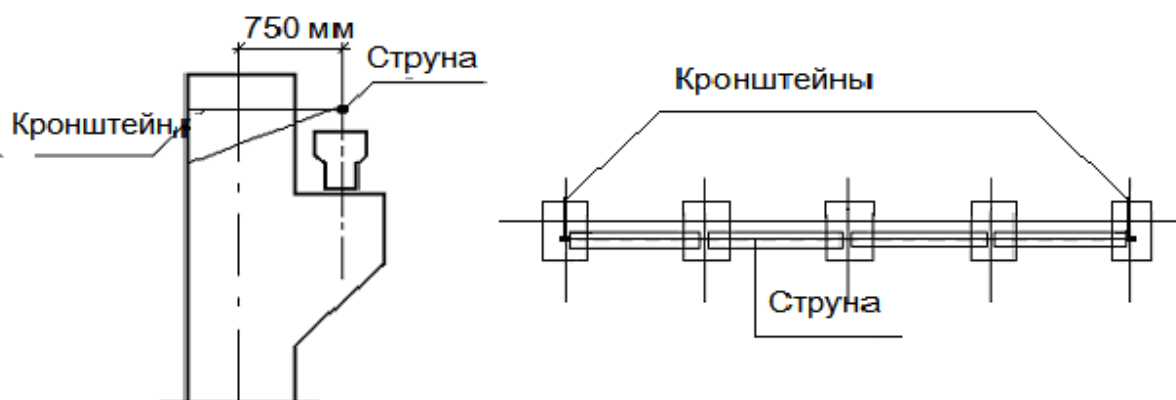


Рис. 62. Выверка подкрановых балок с использованием струны

### Монтаж металлических подкрановых балок

Выверку в плане производят аналогично железобетонным балкам теодолитом или стальной проволокой и отвесом.

При безвыверочном монтаже подкрановых балок производят геодезическую выверку подкрановых консолей. Строповку ведут в обхват с предохранительными подкладками с расстроповкой на расстоянии (дистанционной расстроповкой). Временное крепление выполняют клещевым захватом на болтах.

При значительных объёмах монтажных работ целесообразно применение крышевого кондуктора-распорки, который обеспечивает выверку и временное крепление монтируемой фермы.

По средним рядам колонн лёгкие подкрановые балки монтируют блоками из двух балок, соединенных тормозными фермами с установленным ходовым настилом. Тяжёлые балки монтируют по частям с применением промежуточных опор, оборудованных домкратами. Иногда монтаж ведут двумя кранами одновременно.

Выверку положения балок осуществляют ломиками, домкратами, клиньями. Для обеспечения правильного положения по высоте применяют подкладки из стального листа, привариваемые к опорам.

### **Монтаж конструкций покрытия одноэтажных зданий**

Конструкции покрытия (стропильные фермы и балки, подстропильные фермы, плиты покрытия) монтируют, как правило, комплексным методом.

Более рационален отдельный метод монтажа конструкций покрытия двумя кранами одновременно. При этом методе одно звено монтажников с одним краном устанавливает стропильные конструкции, а второе звено с другим краном - плиты покрытия. Техничко-экономические расчёты показывают, что монтаж двумя кранами позволяет значительно сократить продолжительность работ и обеспечить снижение накладных расходов. Однако организационные трудности по обеспечению бесперебойной и безопасной работы двух кранов в одной монтажной зоне не позволяют широко использовать этот метод.

Комплексный метод монтажа конструкций покрытия рассматривается в двух вариантах: продольном и поперечном (рис. 63, 64).

Поперечный метод можно применять в следующих случаях:

1. при шаге 12 м;
2. когда монтируемые здания являются бескрановыми;

3. когда монтируемые здания являются бесфонарными.

Монтаж покрытия возможен с колёс или с предварительной раскладкой у места монтажа. Шестиметровые плиты обычно раскладывают у места монтажа, а остальные конструкции желательно монтировать с колёс.

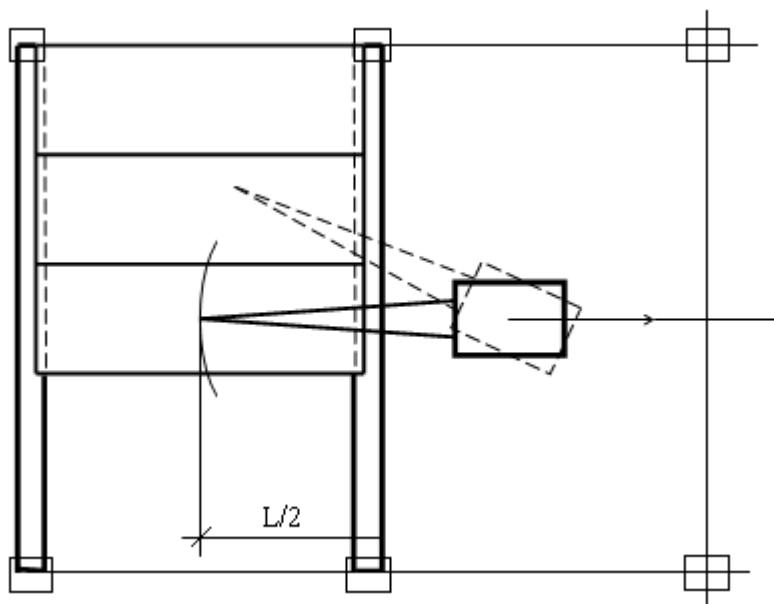


Рис. 63. Схема продольного монтажа конструкций покрытия

Фермы и балки покрытия устанавливают в проектное положение монтажники, находящиеся на монтажных площадках, прикреплённых к колоннам, путём совмещения осевых рисок на их торцах с разбивочными рисками на колоннах. После выверки фермы закрепляют сваркой.

Верхний пояс фермы должен быть дополнительно раскреплён расчалками (первые две фермы) или инвентарными распорками (одна на ферму 18 м и две на ферму 24 м) (рис. 66). Расчалки крепят за переставные инвентарные якоря или за основание ранее установленных колонн.

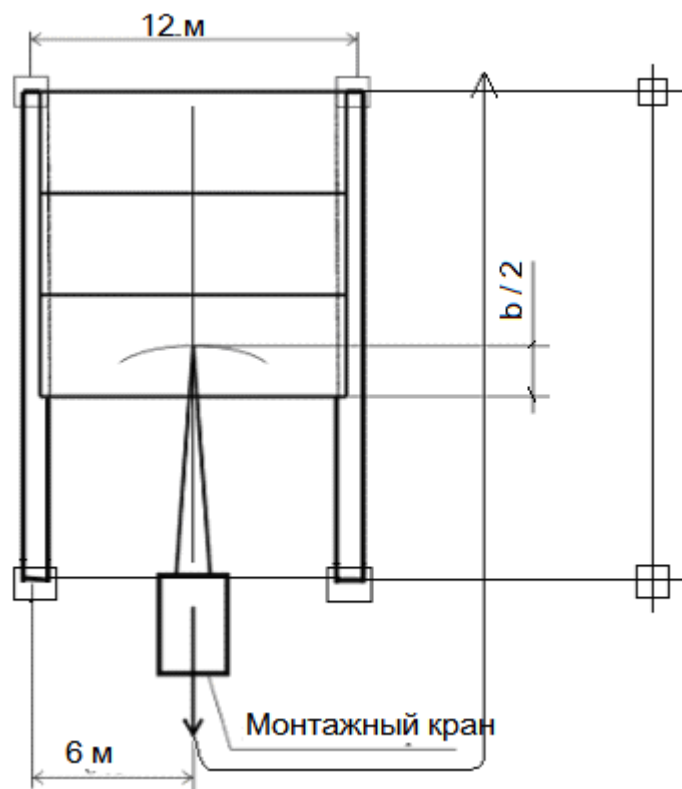


Рис. 64. Схема поперечного монтажа конструкций покрытия

Крышевой кондуктор устанавливают на покрытие ранее смонтированной ячейки. Для ориентирования монтируемых ферм могут применяться пластины-фиксаторы, приваренные к оголовкам колонн, а также кондукторы, установленные на колоннах.

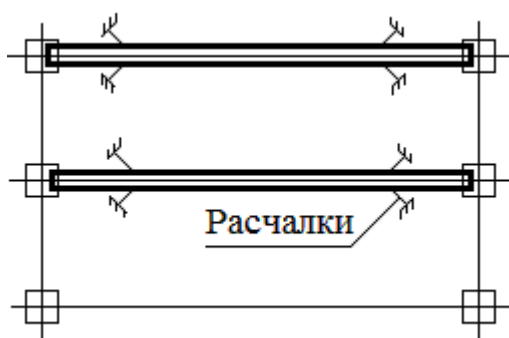


Рис. 65. Схема временного крепления двух первых монтируемых ферм

Строповку ферм осуществляют траверсами со стропами в двух или четырёх точках. Стропы крепят в обвязку в узлах фермы. До монтажа на ферме укрепляют пеньковые канаты для наведения и разворачивания фермы в процессе монтажа, распорки, лестницы для расстроповки, для передвижения монтажников по нижнему поясу ферм натягивают стальной канат, к которому крепят карабин предохранительного пояса (рис. 68).

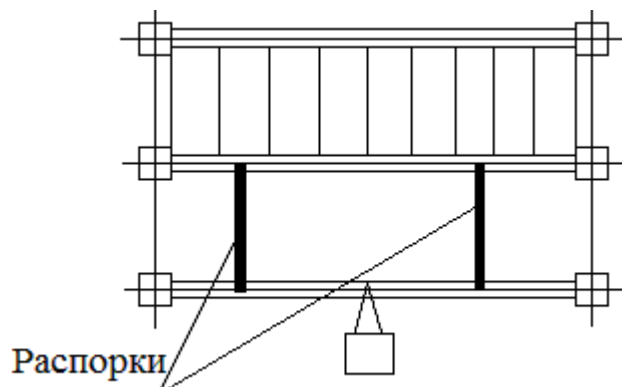


Рис. 66. Временное крепление рядовых ферм

Плиты покрытия длиной 6 м строят четырёхветвевым стропом, плиты длиной 12 м - траверсой. На плитах до подъёма устанавливают решётки ограждения.

Первую плиту монтируют с площадок, приваривают в четырёх точках, следующие плиты приваривают в трёх точках и монтируют с установленных плит. После установки плит покрытия снимают распорки (рис. 68).

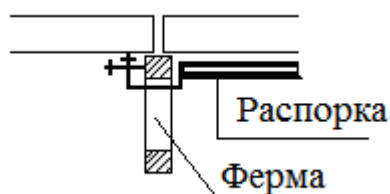


Рис. 67. Крепление распорки

Для уменьшения вылета стрелы крана рекомендуется применять самоходные краны с гуськами и краны в башенно-стреловом исполнении.

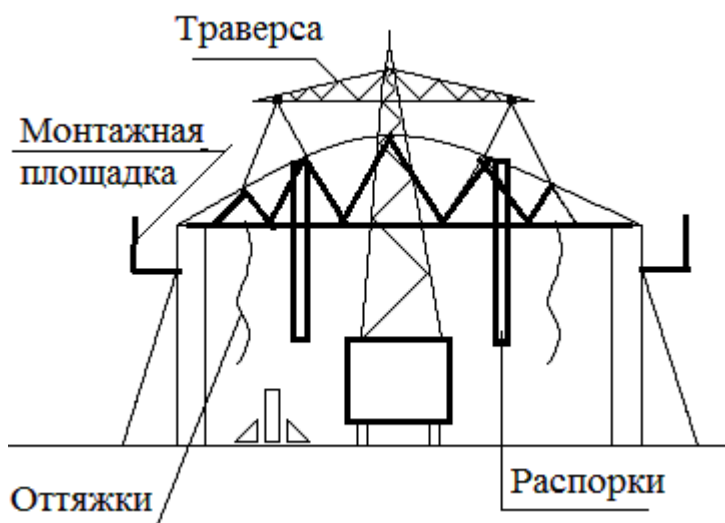


Рис. 68. Монтаж ферм

При комплексном методе монтажа в один поток можно включать фермы, плиты покрытий, а также подкрановые балки.

По железобетонным фермам плиты укладывают от одного края к другому, в зданиях с фонарями первыми монтируют плиты по ферме, затем по фонарю (рис. 69, 70).

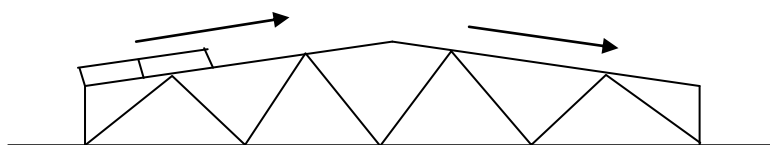


Рис. 69. Порядок монтажа плит в бесфонарных зданиях

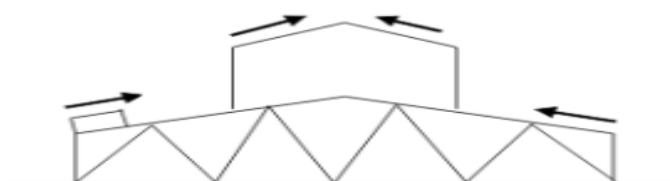


Рис. 70. Порядок монтажа плит в зданиях с фонарями

## Металлические фермы

Строповку металлических ферм ведут за две или четыре точки. Если устойчивость фермы недостаточна, её усиливают на момент монтажа.

Применение специальной траверсы (рис. 71) позволяет избежать усиления конструктивных элементов. Траверса имеет вертикальные стойки с кронштейнами, на которые опирается ферма в уровне нижнего пояса. Вместо распорок устанавливают постоянные связи. При длине фермы 18 м используют две распорки, при длине фермы больше 18 м – три распорки. Плиты покрытия на металлические фермы монтируют симметрично от опорных узлов к коньку (рис. 31).

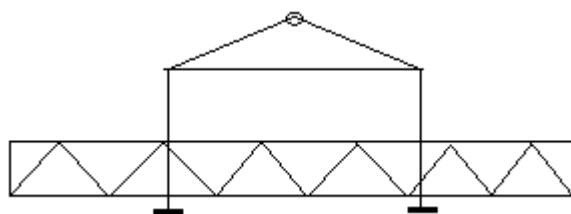


Рис. 71. Траверса для металлической фермы



Рис. 72. Схема укладки плит на металлическую ферму

## Монтаж наружного стенового ограждения

Процесс монтажа стеновых панелей наиболее трудоёмкий и может составлять до 30 ÷ 40 % трудозатрат всего здания. В большинстве случаев стеновые панели монтируют самостоятельным потоком после монтажа каркаса здания и покрытия.

В качестве монтажного механизма чаще всего используют другой кран, так как здесь не требуется большой грузоподъёмности. В связи с тем, что панели выполняют ограждающие и эстетические функции, точность монтажа и качество заделки швов имеют большое значение. Вертикальность установленной панели контролируют по двум граням при помощи рейки-отвеса. Крепление панели осуществляют сваркой закладных деталей панели с закладными деталями колонны. Специальную разбивку не производят: установку ведут, ориентируясь на оси колонн.

На высотных зданиях рациональней использовать крышевые или башенные краны. При больших объёмах работ целесообразно вести работу тремя потоками:

1. установка панелей нижних рядов до оконных проёмов;
2. установка оконных проёмов и простеночных панелей;
3. установка верхних рядов панелей.

Строповка 6-метровых панелей производится за две точки стропом, 12-метровых панелей - за две или четыре точки траверсой.

Наиболее сложным вопросом в организации работ по монтажу стеновых панелей промышленных зданий является удачный выбор подмостей для монтажников. В этом случае необходима их большая мобильность, так как монтаж одной панели продолжается недолго.

При возможности используются автомобили, оборудованные выдвигаемыми люльками (рис. 73, 75), а также различные самоподъёмные подмости, которые крепят к несущим конструкциям покрытия (фермы, балки).

В зависимости от параметров крана с одной стоянки монтируют один или два пролёта панелей на всю высоту (рис. 74).

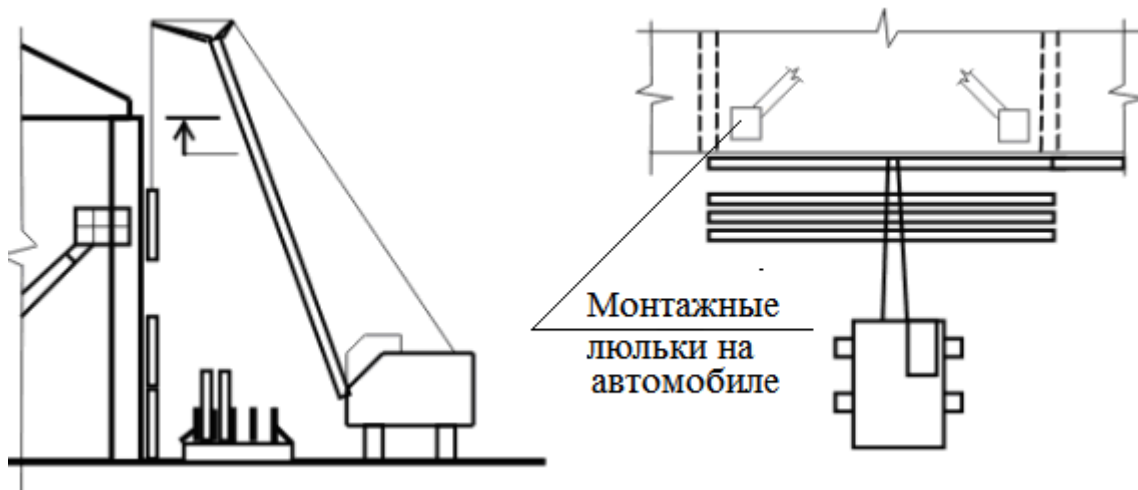


Рис. 73. Монтаж стеновых панелей с использованием монтажных площадок на автомобилях

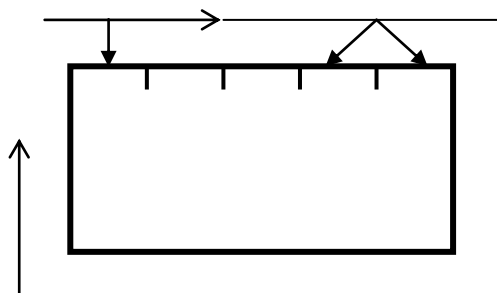


Рис. 74. Схема движения крана при монтаже панелей

При большом количестве панелей можно использовать самоходные краны, специально оборудованные для монтажа панелей монтажной площадкой (рис. 76).

Заделку горизонтальных и вертикальных швов ведут параллельно с монтажом панелей. Раскладка панелей производится у места установки комплектом на высоту. Панели складывают вертикально в кассеты или наклон-

нона пирамиды. Установку панелей на пирамиду ведут симметрично с двух сторон.

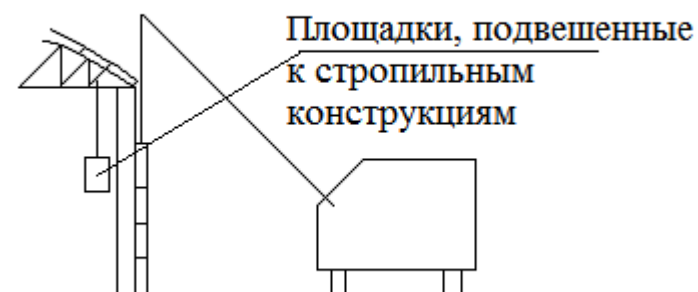


Рис. 75. Монтаж стеновых панелей с подвесных площадок

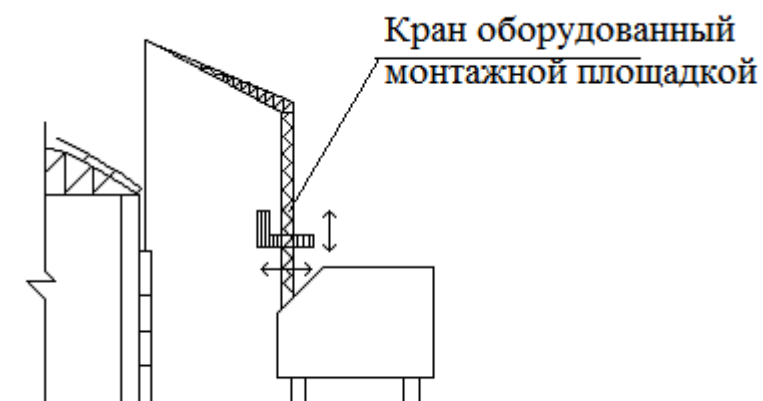


Рис. 76. Монтаж стеновых панелей краном, оборудованным монтажной площадкой

### Лекция 3.2 Возведение многоэтажных каркасных зданий

Для монтажа конструкций многоэтажных зданий применяют башенные краны или краны в башенно-стреловом исполнении (рис. 77). Для монтажа стеновых панелей нижних ярусов могут дополнительно применять стреловые краны (рис. 78).

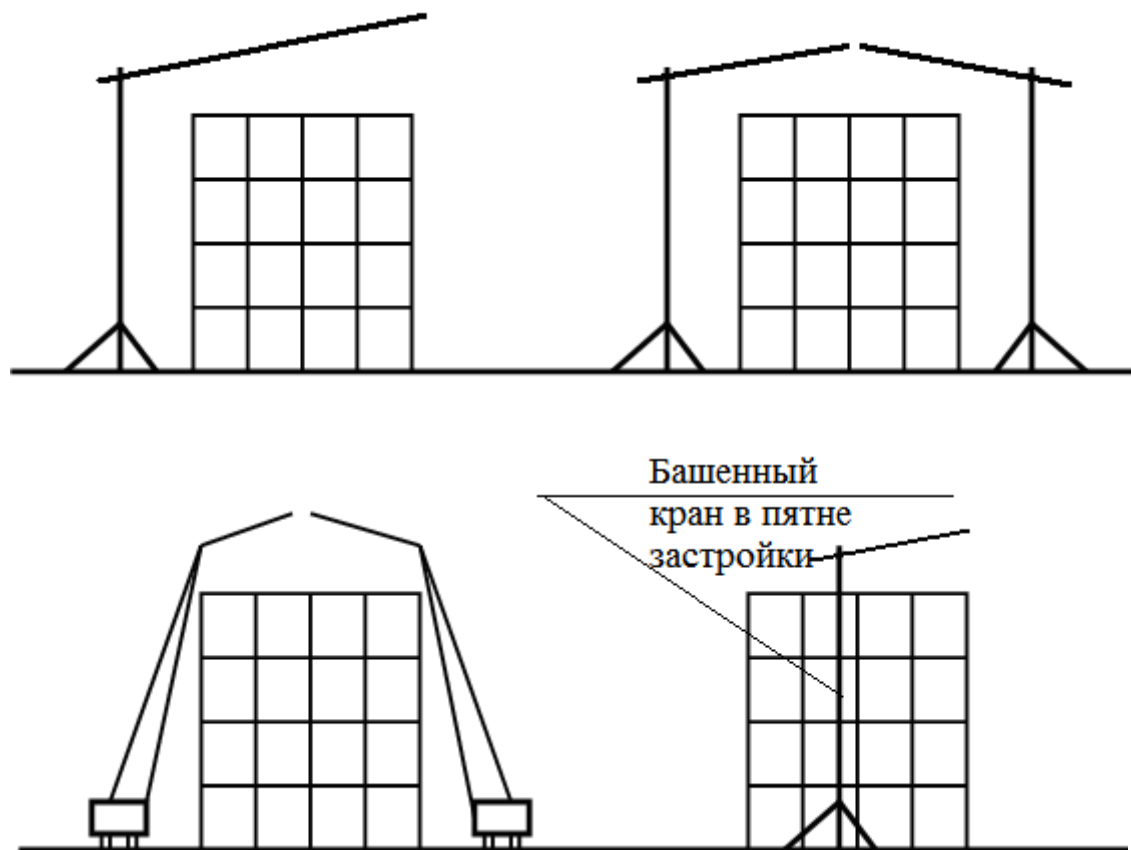


Рис. 77. Схемы расстановки кранов

Методы монтажа, применяемые при возведении многоэтажных каркасно-панельных зданий:

1. поярусный;
2. комбинированный метод (одна часть конструкций монтируется отдельным методом, а другая часть – комплексным);

3. свободный, ограниченно-свободный (колонны);
4. с приобъектного склада (реже с колёс).

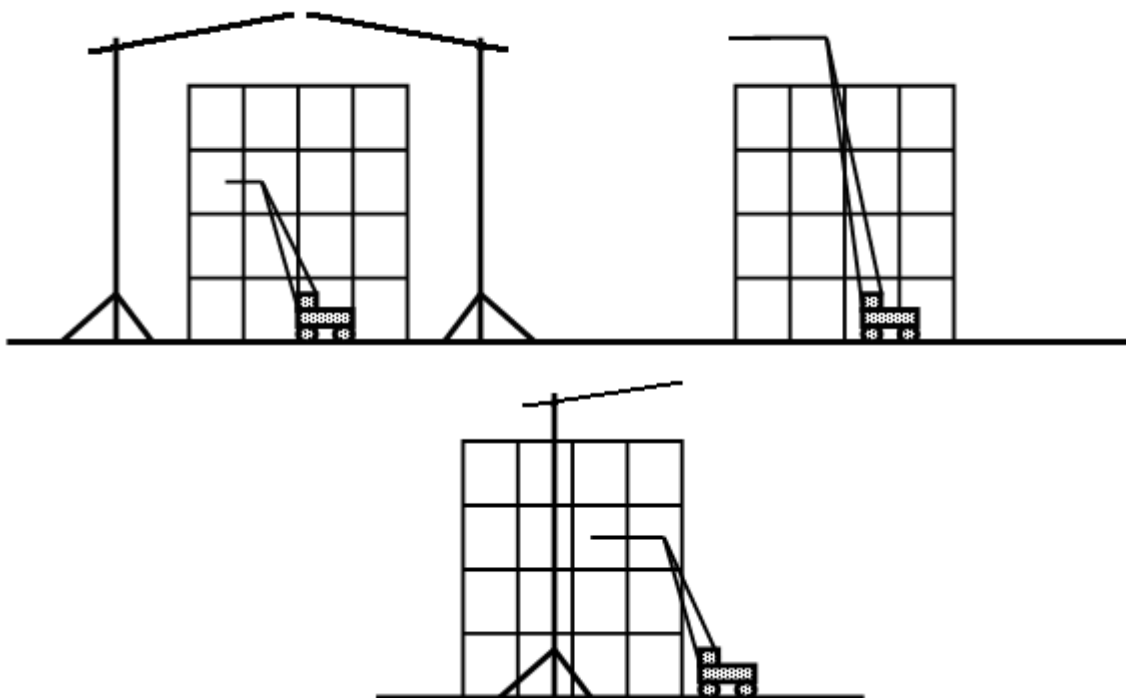


Рис. 78. Установка дополнительных кранов

### Монтаж фундаментов стаканного типа

Монтаж фундаментов ведут отдельным потоком самоходными стреловыми кранами. При монтаже фундаментов многоэтажных зданий может использоваться башенный кран.

Состав работ по монтажу фундаментов следующий:

1. выравнивание земляного основания и подсыпка песка;
2. разбивка осей фундамента;
3. разбивка места установки стаканов фундамента на подготовленное основание;
4. строповка и подача стаканов фундамента в проектное положение и расстроповка;

5. проверка отметок дна стакана и положение блока в плане.

Ослабленный грунтовыми водами и атмосферными осадками верхний слой основания в месте укладки бетона предварительно уплотняют щебнем, втрамбованным в грунт. Толщина песчаной подсыпки должна быть не менее 5 см и не более 15 см. Поверхность подготовки проверяют нивелиром. Размеры песчаной подготовки в плане выполняют на 300 мм больше размеров фундамента. Разбивку выполняют под каждый стакан (рис. 37).

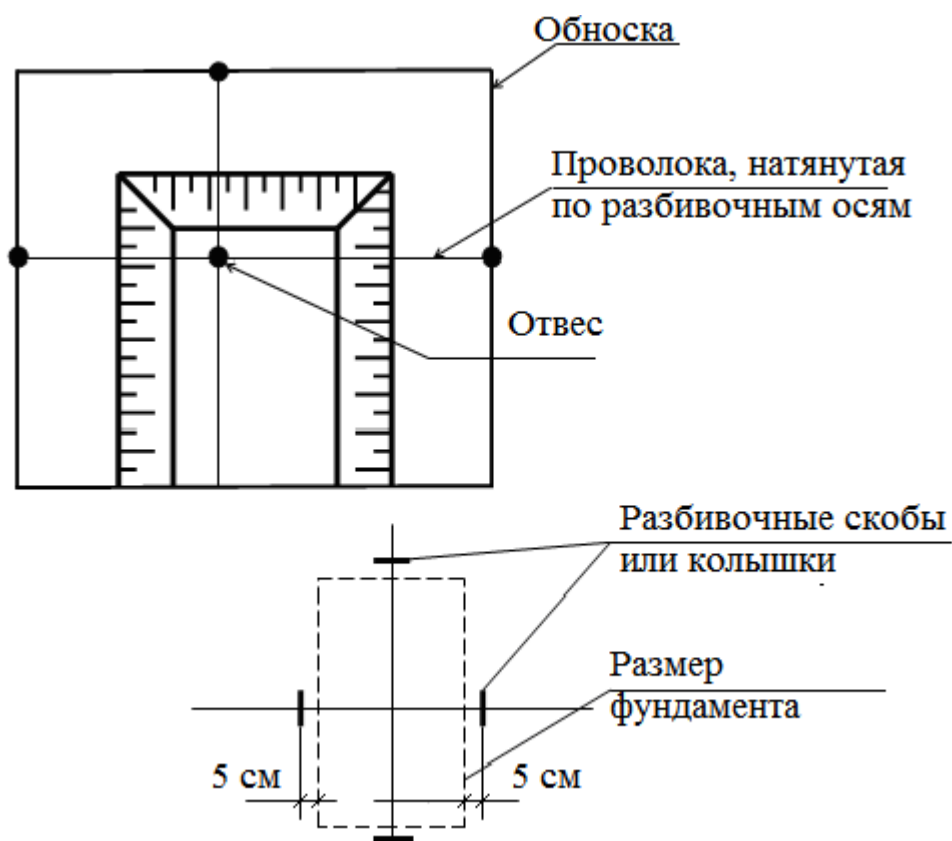


Рис. 79. Разбивка места установки фундаментных блоков

Для разбивки мест установки фундаментов между обносками по поперечным и продольным осям натягивают проволоку, с которой опускают тяжёлые отвесы.

Перед монтажом на фундаментный блок наносят риски на обрез фундамента и на основание посередине. При монтаже фундаментов глубиной более 2 м перенос осей выполняют с помощью теодолита.

Подъём стаканов фундаментов ведут четырёхветвевым стропом за монтажные петли. Блок подают краном, останавливают на высоте  $20 \div 30$  см и плавно устанавливают на песчаную подушку, ориентируя по осям. При неправильной установке блок поднимают, исправляют основание и вновь устанавливают блок. Правильность установки проверяют по двум взаимно перпендикулярным осям теодолитом. Отклонения от оси не должны составлять более  $\pm 20$  мм. Отметка дна стакана составляет от 0 до - 20 мм.

В зависимости от размеров пролёта и параметров крана с одной стоянки можно монтировать один, два, четыре или шесть блоков.

Схема движения крана аналогична схеме движения при монтаже колонн одноэтажных зданий.

### **Монтаж колонн первого яруса многоэтажных зданий**

Первый способ монтажа с использованием клиньев, клиновых вкладышей и одиночных кондукторов применяется при следующих условиях:

1. для колонн высотой менее 13 м;
2. если для колонн верхних ярусов применяют групповые или одиночные кондукторы.

Схема монтажа аналогична схеме монтажа колонн одноэтажных зданий. Монтаж можно вести стреловыми или башенными кранами.

Второй способ монтажа колонн (с использованием комплекта специальной монтажной оснастки) применяется для колонн высотой более 13 м.

Комплект оснастки состоит из инвентарных клиновых вкладышей, опорных балок, хомутов и подкосов.

Балки устанавливают на обрез стакана до установки колонн. Они служат для крепления концов подкосов и пригрузки стаканов в процессе монтажа. Балки крепят к петлям фундамента с помощью анкеров.

Хомут закрепляют на высоте 1.8 м от верха обреза фундамента. Хомуты и подкосы закрепляют на колонне до подъёма (рис. 80).

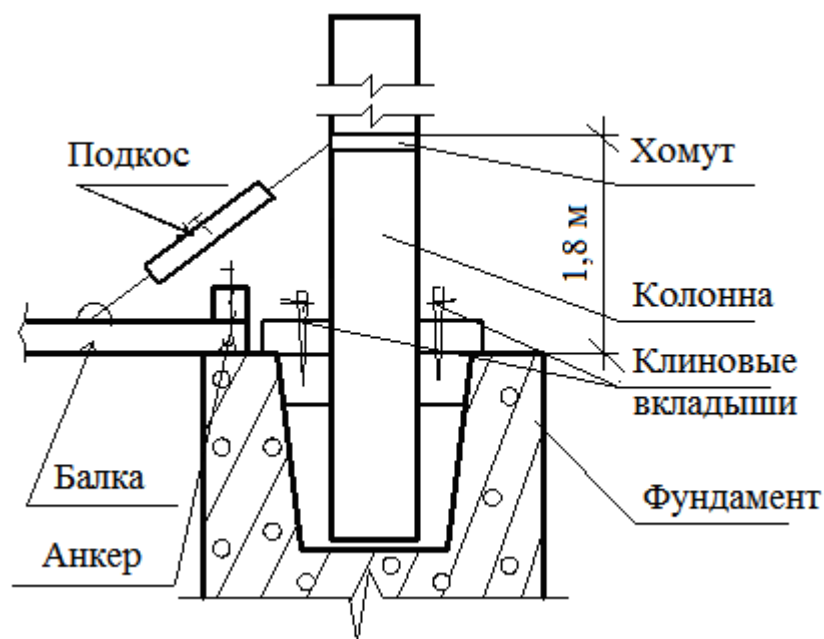


Рис. 80. Установка монтажной оснастки

Порядок монтажа при использовании специальной монтажной оснастки:

1. устанавливают и выверяют колонны, одновременно заделывая стыки;
2. монтируют ригели первого этажа, затем связевые плиты и после их сварки монтируют рядовые плиты;
3. аналогично ригели и плиты второго этажа;
4. снимают подкосы (только после раскрепления колонн ригелями и плитами в уровнях двух нижних этажей).

Для монтажа ригелей используют монтажные площадки (рис. 81).

При поперечном расположении ригеля и креплении подкосов выше уровня ригеля первого этажа, подкосы в поперечном направлении меняют на горизонтальные связи и якоря для возможности их установки в крайних пролетах (рис. 82).

Порядок монтажа при поперечном расположении ригелей следующий:

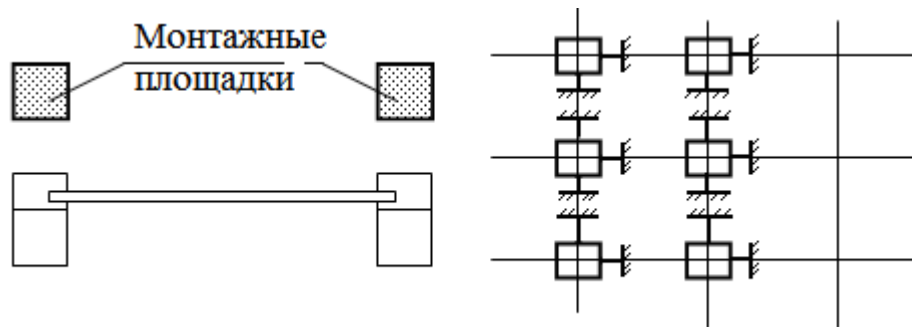


Рис. 81. Установка подкосов

1. устанавливают колонны с устройством подкосов и горизонтальных связей;
  2. монтируют ригели и плиты в крайних пролётах (первом и третьем);
  3. снимают подкосы и монтируют ригели и плиты второго пролёта.
- При продольном расположении ригелей и креплении подкосов выше ригелей первого этажа (рис. 82) порядок монтажа следующий:

1. монтируют колонны;
2. монтируют ригели и рядовые плиты в пролётах по осям 1-2 и 3-4, кроме связевых плит на втором этаже;
3. снимают подкосы по оси 1 и 4 и монтируют связевые плиты;
4. снимают подкосы по оси 2 и 3 и монтируют ригели и плиты в пролёте 2-3.

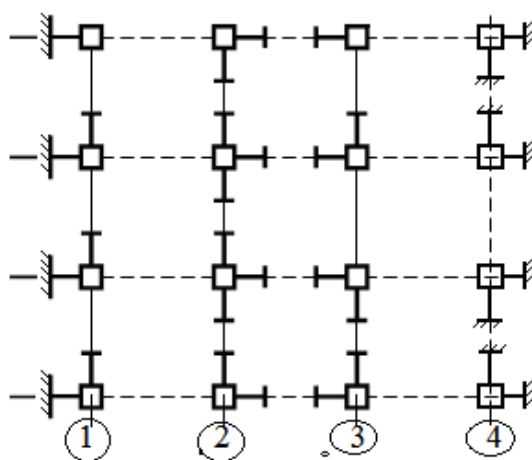


Рис. 82. Установка подкосов при продольном расположении ригелей

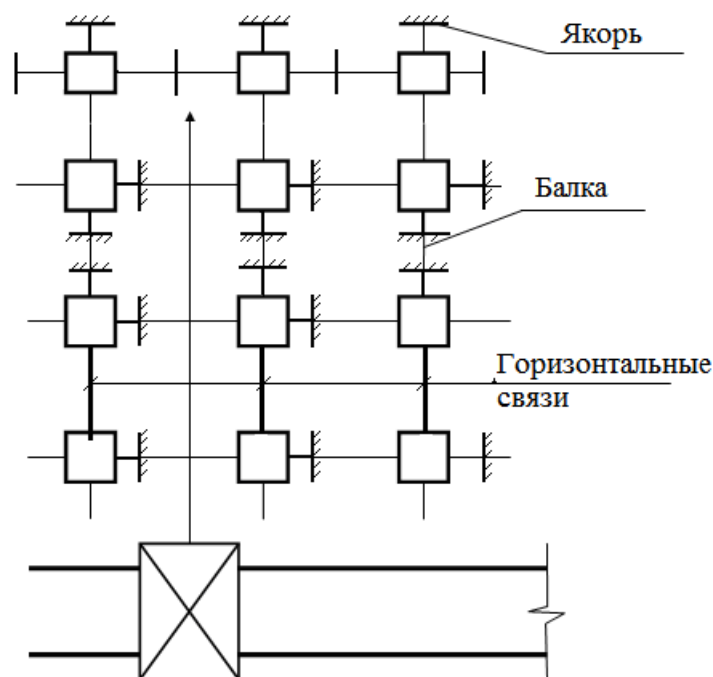


Рис. 83. Установка подкосов при поперечном расположении ригелей

### **Монтаж элементов каркаса с применением одиночных кондукторов**

Одиночные кондукторы являются наиболее универсальной и часто применяемой оснасткой при монтаже многоэтажных зданий. Применяются для колонн длиной до 13 м (одно-, двух-, трёхэтажной разрезки).

Типы кондукторов позволяют монтировать колонны размерами от 300×300 до 600×600 мм.

Одиночный кондуктор из двух Г-образных полурам (рис. 84), соединяемых между собой стяжными винтами, имеет четыре ряда винтов (два нижних ряда для закрепления кондуктора на оголовке ранее смонтированной колонны, третий ряд для выверки низа колонн, четвёртый ряд для выверки верха колонны). Кондуктор устанавливают на оголовке до монтажа колонн, после монтажа конструкция разъединяется на две Г-образные полурамы и переставляется на следующую стоянку краном. Недостатком такого кондуктора являются большие затраты на сборку и установку.

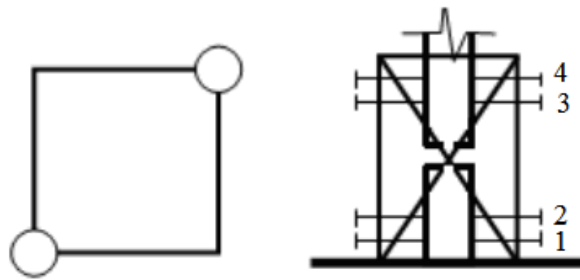


Рис. 84. Разъёмный кондуктор

Неразъёмный кондуктор (рис. 85) состоит из П – образной полурамы и поворотных балок, образующих четвёртую сторону кондуктора. Для перестановки балки отводят, поворачивая вокруг шарнира.

Для возможности монтажа диафрагм жёсткости используют уголкообразный кондуктор (рис. 86), что позволяет вести совмещённый монтаж колонн и диафрагм жёсткости, не снимая кондуктора. Одна сторона колонны остается свободной.

Облегченный кондуктор (рис. 87) применяется для тяжёлых колонн. Нижняя часть кондуктора закрепляется на оголовке смонтированной колонны, верхняя часть - на монтируемой колонне до подъёма на складе. При монтаже обе части кондуктора соединяют путём совмещения отверстий на нижней и верхней частях кондуктора.

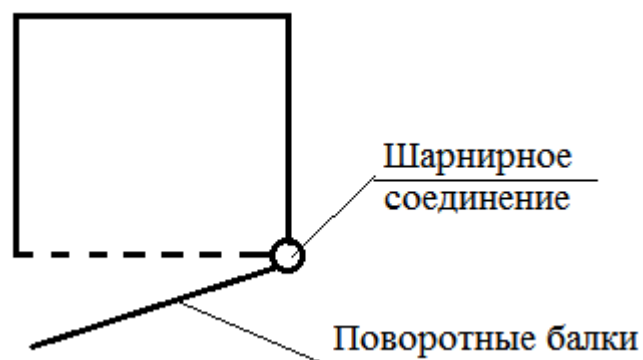


Рис. 85. Неразъёмный кондуктор

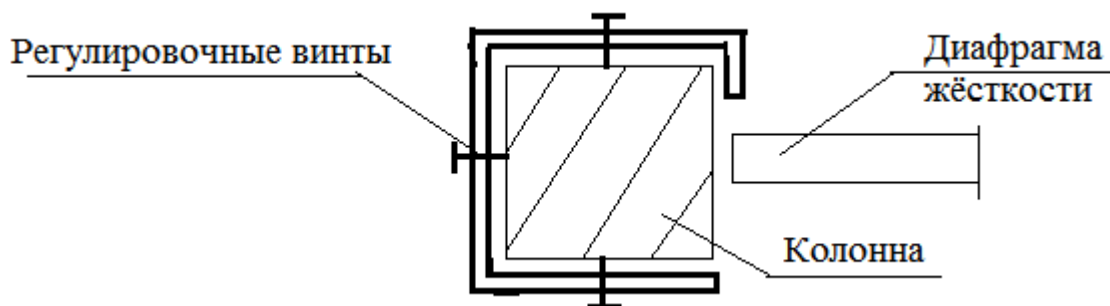


Рис. 86. Уголкообразный кондуктор

Для обеспечения необходимой устойчивости и пространственной жёсткости в процессе возведения, а также для создания фронта работ для монтажа других конструкций используют комплект из 4 ÷ 12 кондукторов.

Порядок монтажа каркаса при использовании одиночных кондукторов предусматривает монтаж элементов поэтапно ячейками (размеры ячейки определяются количеством кондукторов).

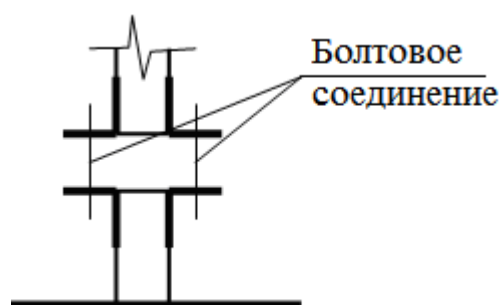


Рис. 87. Облегчённый кондуктор

До начала монтажа элементов каркаса на каждом ярусе устанавливают и закрепляют на оголовках нижестоящих колонн кондукторы.

Колонну заводят в установленный кондуктор и плавно опускают на оголовок нижней колонны, низ колонны приводят в проектное положение с помощью винтов кондуктора, обеспечивая соосность устанавливаемой колонны с колонной нижнего яруса. По вертикали колонну выверяют с помощью верхних винтов кондуктора, выверку ведут двумя теодолитами, уста-

навливаемыми по двум взаимно перпендикулярным осям, допускаемая несоосность  $\pm 3$  мм. В процессе укладки ригелей и плит следят за положением колонн, затем проводят повторную съёмку положения колонн.

После монтажа колонн ведут укладку ригелей и связевых плит первого этажа колонны, при монтаже и сварке используют передвижные подмости, монтажные площадки и лестницы, а также выдвигаемые подмости кондукторов (если таковые имеются).

Кондукторы снимают только после полной сварки стыков колонн, монтажа ригелей и связевых плит, что обеспечивает геометрическую неизменяемость смонтированной ячейки. Рядовые плиты монтируют после перестановки кондукторов и загрузки на этаж всех необходимых материалов.

Монтаж диафрагм жёсткости производят после окончательной сварки колонн и освобождения их от кондукторов (рис. 88). Диафрагмы, расположенные под ригелем, устанавливают до монтажа ригеля.

Если диафрагма жёсткости устанавливается между ригелями, то при монтаже используют подкосы.

Схема монтажа при использовании кондуктора на две колонны аналогична схеме монтажа при одиночных кондукторах.

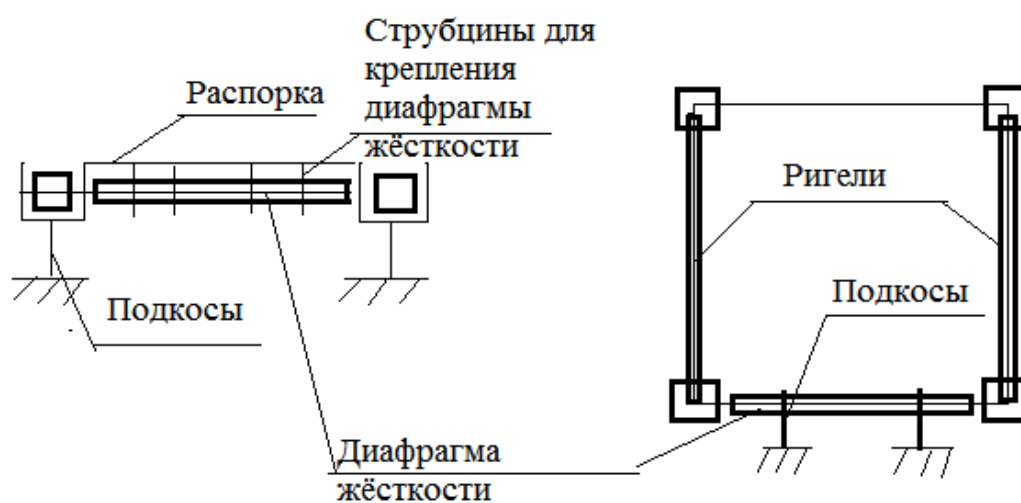


Рис. 88. Установка диафрагмы жёсткости

## Монтаж элементов каркаса с применением групповых кондукторов

При высоте колонн более 13 м используют групповые кондукторы, позволяющие закреплять колонны на высоте второго этажа.

Применяются для колонн высотой до 18 м при сетке 6×6 м, для одно-, двух-, трёхэтажной разрезки.

Групповой кондуктор состоит из пространственной металлической конструкции с хомутами для закрепления колонн (по три хомута на каждую колонну). Хомуты служат для выверки и временного крепления. Групповые кондукторы могут быть одно- и двухъярусные. Для установки ригелей и связевых плит в двух уровнях имеются подмости и поворотные площадки, обеспечивающие безопасность проведения работ (рис. 89).

Кондукторы выверяют по осям и закрепляют к монтажным петлям ригелей или плит.

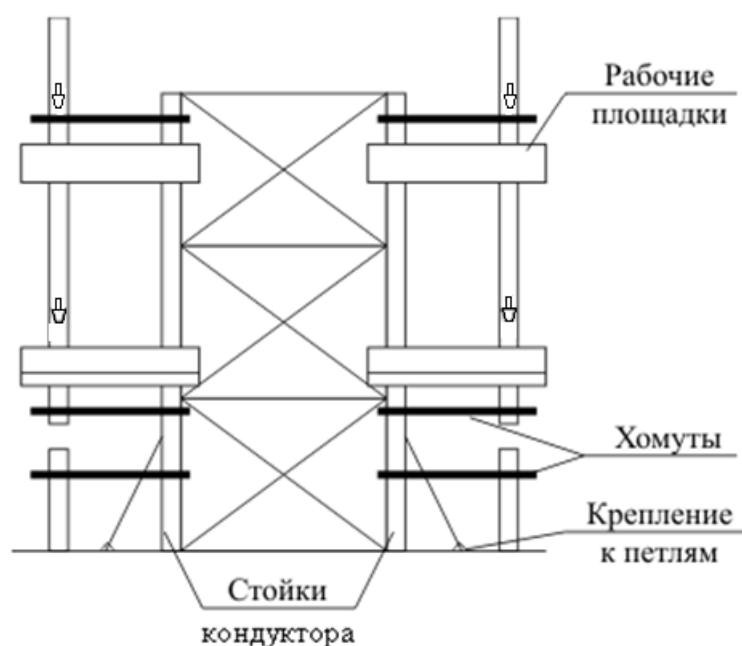


Рис. 89. Групповой кондуктор

На следующую стоянку кондуктор переставляют краном или перекачивают с помощью лебёдки. Перед установкой колонн необходимо повер-

нуть в рабочее положение и зафиксировать площадки, а затем в раскрытом положении - верхние и нижние хомуты. С помощью зажимных винтов, имеющих на хомутах, колонну временно крепят и освобождают от стропов, выверяют с помощью теодолита, при этом положение колонн регулируют с помощью винтов.

При продольном расположении ригелей используют комплект из трёх кондукторов (рис. 90). Три кондуктора устанавливают вдоль здания в одном пролёте. Монтируют колонны, ригели, связевые плиты в ячейках занятых кондукторами, а затем монтируют рядовые плиты в ячейках, свободных от кондукторов.

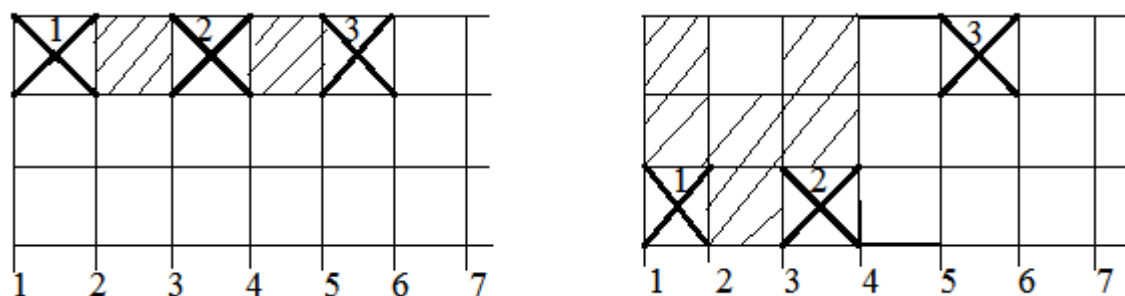


Рис. 90. Схема перестановки кондукторов при продольном расположении ригелей (стоянка 1 и 2)

После перестановки кондукторов № 1 и № 2 на новую позицию устанавливают колонны, ригели, связевые плиты, а в освободившихся ячейках ведут монтаж плит на два этажа. Затем ведут укладку ригелей и связевых плит в ячейках (рис. 91), занятых кондуктором № 1 и № 2, а затем переставляют кондуктор № 3 и т. д.

При поперечном расположении ригелей используют комплект из двух (рис. 92) кондукторов (можно из четырёх).

Кондукторы устанавливают в ячейки, где находятся диафрагмы жёсткости. Монтаж колонн, диафрагм жёсткости, ригелей и связевых плит, рядо-

вых плитведутв ячейках, свободных от кондукторов. Затем переставляют кондуктор на новую позицию и в освободившихся ячейках монтируют колонны, ригели и связевые плиты, рядовые плиты.

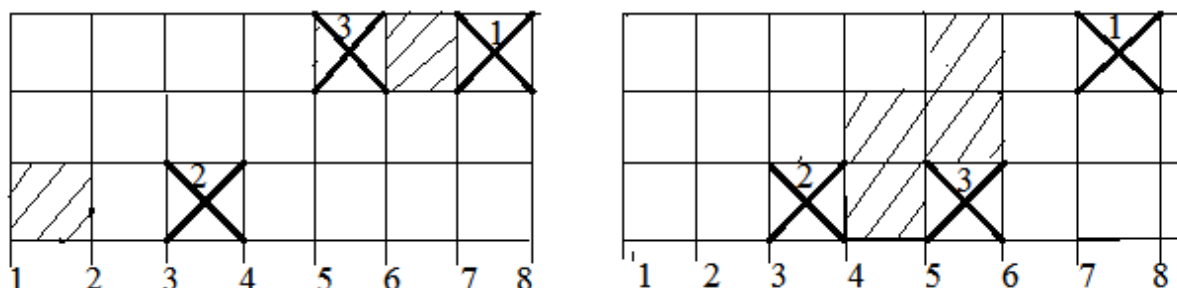


Рис. 91. Схема перестановки кондукторов при продольном расположении ригелей (стоянка 3 и 4)

Групповые кондукторы переставляют через ячейку. Колонны в зону монтажа подают краном. Монтажники, находящиеся на верхней площадке кондуктора и у основания колонны, заводят её в хомуты, опускают на оголовок колонны и закрепляют.

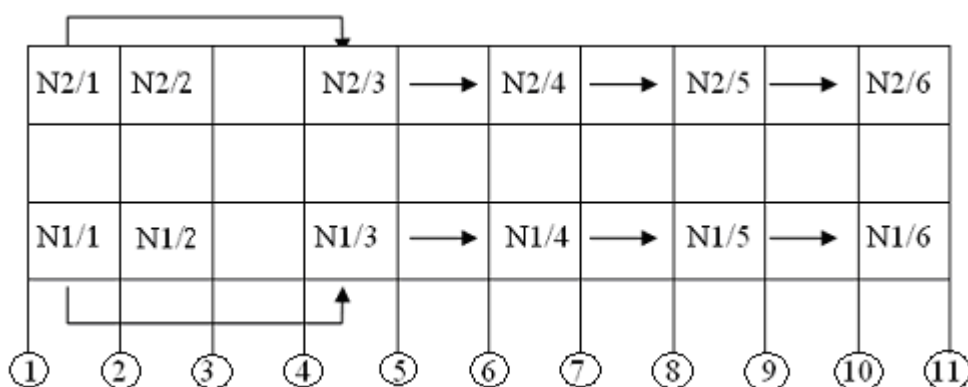


Рис. 92. Последовательность перестановки кондукторов при поперечном расположении ригелей

Выверку колонны ведут аналогично выверке колонн при использовании одиночных кондукторов, в плане и по вертикали.

## Монтаж элементов каркаса с применением РШИ

РШИ применяется в следующих случаях:

1. для сетки колонн  $4,5 \times 6$  м,  $6 \times 6$  м для разных размеров колонн;
2. при двухэтажной разрезке колонн;
3. при объёме сборного железобетона более  $700\text{м}^3$ .

При использовании РШИ применяется ограниченно-свободный метод монтажа колонн, в момент установки выверку колонн по вертикали не производят благодаря предварительной выверке плавающей шарнирной рамы.

РШИ состоит из плавающей шарнирной рамы с системой смонтированных на ней хомутов-упоров, связей, тяг и фиксаторов, обеспечивающих принудительную фиксацию элементов каркаса с заданной точностью и их временное крепление; подмостей; системы поворотных люлек. Шарнирная рама находится на пространственных подмостях (рис. 93). При выверке её можно перемещать относительно подмостей на  $\pm 100$  мм в продольном и поперечном направлении, поэтому раму можно устанавливать с погрешностью 100 мм.

Для временного крепления колонн по углам шарнирной рамы установлены четыре хомута-упора. Они могут быть отрегулированы на различные размеры, фиксируют колонны по граням, не мешая установке ригелей и плит.

Подмости являются основной несущей конструкцией РШИ, состоящей из горизонтальных и вертикальных ферм и связей. Подмости служат рабочим местом монтажников. Размеры подмостей в плане и по высоте могут меняться в зависимости от конструктивной схемы здания.

Комплект монтажного оснащения РШИ содержит не менее четырёх групповых кондукторов, скреплённых поверху системой горизонтальных связей. Каждый кондуктор в комплекте имеет свой порядковый номер, определяющий его положение в цепи. Установка кондукторов на здании и перестановка их с одной позиции на другую производится краном, занятым на монтаже здания, в строго определённом порядке, указанном в ППР

(рис. 94). После перестановки на следующую стоянку кондукторов № 1 и № 2 кондукторы № 3 и № 4 остаются на месте, для того чтобы не разорвать монтажно-контактную цепь.

При установке шарнирных рам комплекта кондукторов в проектное положение необходимо соблюдать следующие правила:

1. базы кондукторов устанавливаются на перекрытие относительно установочных рисок с погрешностью не более  $\pm 100$  мм;
2. на первой позиции рама кондуктора №1 выверяется относительно продольной и поперечной осей здания по теодолиту;

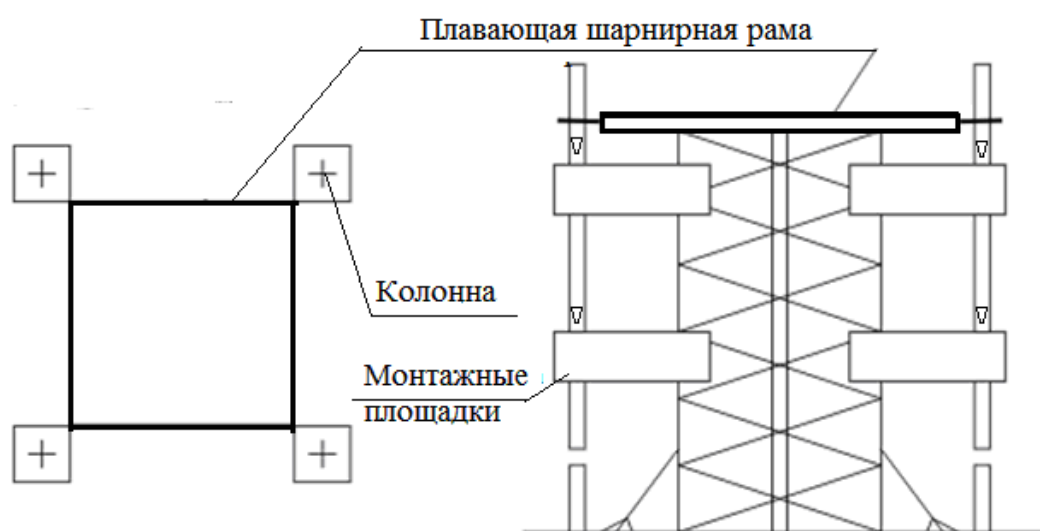


Рис. 93. Рамно-шарнирный индикатор

3. рама кондуктора №2 выверяется по теодолиту относительно поперечной оси здания и с помощью связей относительно продольной оси;
4. рама кондуктора №3 выверяется по теодолиту относительно продольной оси и с помощью связей относительно поперечной оси здания;
5. рама кондуктора № 4 не выверяется; её положение фиксируется при помощи продольных и поперечных связей, присоединяемых к раме кондуктора №2 и №3.

При перестановке кондукторов на следующие позиции, проектное положение их рам фиксируется с помощью продольных и поперечных связей относительно одной оси и по теодолиту относительно другой (рис. 94).

Схема №1: на первой стоянке производится монтаж диафрагм жёсткости, колонн, ригелей 1 и 2 этажа, связевые плиты, монтаж перегородок и плит перекрытия в ячейках, свободных от кондукторов.

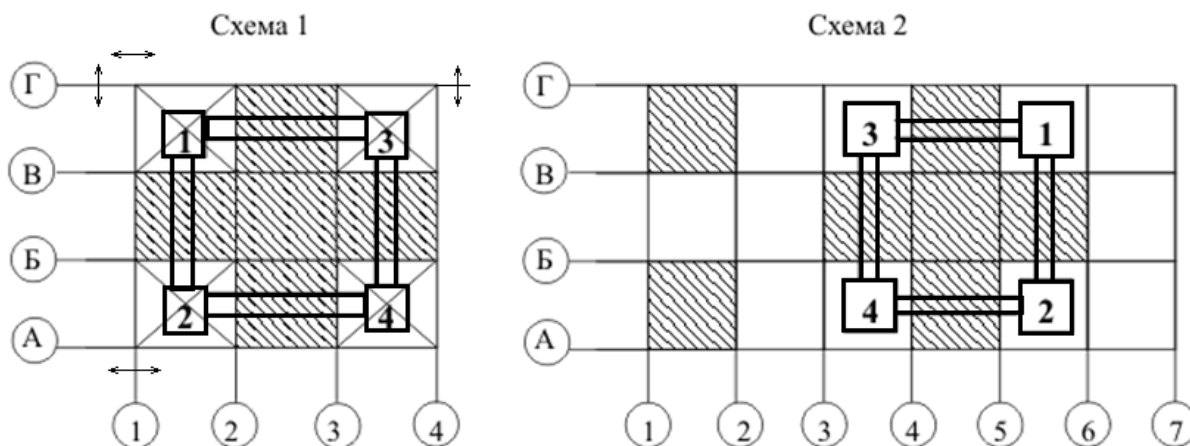


Рис. 94. Перестановка РШИ

Схема №2: на второй стоянке производится монтаж в освободившихся ячейках недостающих элементов, монтаж диафрагм жёсткости, колонн, ригелей, связевых плит, перегородок и плит покрытия в свободных ячейках.

При монтаже верх колонн фиксируется с помощью угловых упоров кондукторов без выверки. Низ колонн устанавливается с помощью штыревых фиксаторов или монтажного лома путём совмещения их осевых рисок с рисками осей колонн нижнего яруса или осей стыкуемых выпусков арматуры. Ригели укладывают насухо, опирая на консоли колонн. На каждой конструктивной ячейке здания первыми монтируют нижние ригели. Работы выполняют с площадок кондукторов. После выверки ригеля его приваривают к выпускам арматуры колонн. Связевые плиты монтируют в том же порядке,

что и ригели, снятие стропов производят после прихватки плиты электро-сваркой.

Плиты перекрытий укладывают на слой раствора. Допускается укладка плит насухо. Затем производится заделка швов раствором.

Для монтажа колонн первого яруса на кондукторах имеются специальные консоли, с помощью которых можно установить их на обрезах фундамента. При заделке стыков колонн в стакане фундамента с использованием РШИ необходимо учитывать набор 70 %-ной прочности бетоном заделки стыка до снятия кондуктора.

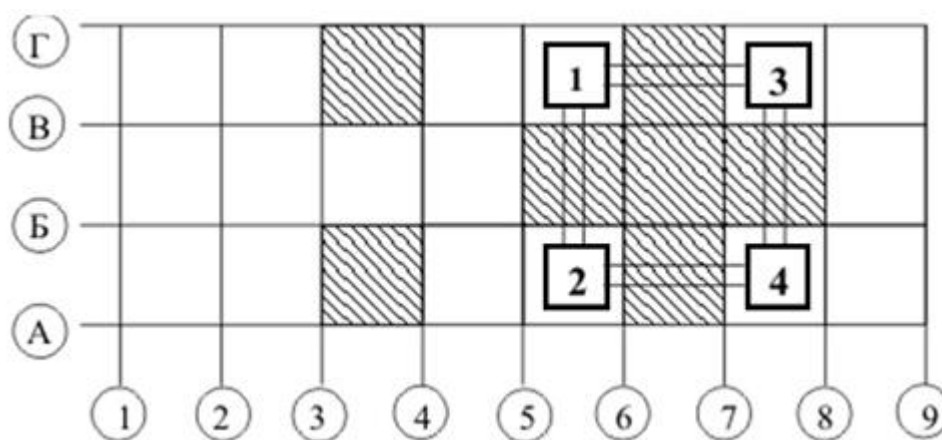


Рис. 95. Перестановка кондукторов РШИ в цепи (схема №3)

### Монтаж навесных панелей стен

При расчёте здания на прочность и устойчивость, навесные панели, являющиеся конструктивно независимой частью здания, в большинстве проектов не учитываются. Их монтируют после возведения и окончательного проектного закрепления несущих конструкций на захватке.

Навесные стены из стекла и алюминия обычно монтируют после возведения несущих конструкций на всю высоту здания. Их монтируют специализированные организации, так как смонтированные лёгкие конструкции могут быть повреждены во время монтажа несущих конструкций.

В том случае, когда монтаж навесных стен из лёгких конструкций технологически обособлен от монтажа каркаса, целесообразно применение специализированных грузоподъёмных средств (лебёдок, тельферов, погрузчиков-манипуляторов и крышевых кранов), закреплённых на предварительно смонтированных несущих конструкциях здания.

Все располагаемые на здании грузоподъёмные средства имеют незначительный максимальный вылет за наружную грань стены до 3 м. В связи с этим сборные элементы стены со склада или с транспортных средств подаются в зону, расположенную у грани стены.

Необходимо предотвратить развороты и раскачку элементов при подъёме вдоль смонтированной стены, так как удары могут вызвать взаимные повреждения. Средства предохранения могут быть двух типов: в виде оттяжек, прикреплённых к поднимаемому элементу (рис. 97) или канатов (пеньковые канаты диаметром 20 мм, угол наклона больше или равен 50 градусам) и скользящих по ним связей, прикреплённых к панели. Из-за высокой трудоёмкости установки направляющих канатов равномерное размещение их по периметру здания может быть использовано только на зданиях повышенной этажности башенного типа.

Более рациональным является размещение двух направляющих канатов в одном фиксированном месте. В этом случае элемент поднимают до уровня монтажа по направляющим, затем отсоединяют скользящие связи и элемент транспортируют по горизонтали к месту установки с помощью самоходного крышевого крана, тельфера или погрузчика-манипулятора.

До начала монтажа навесных стен производят разбивку установочных рисок. Установку панели по вертикали осуществляют по рейке-отвесу.

Железобетонные панели в каркасных зданиях монтируют отдельным потоком после окончания сборки всего каркаса или с отставанием на этаж.

Для временного крепления используют струбцины, закрепляемые на колонне и панели, а также струбцины с подкосами (рис. 96).

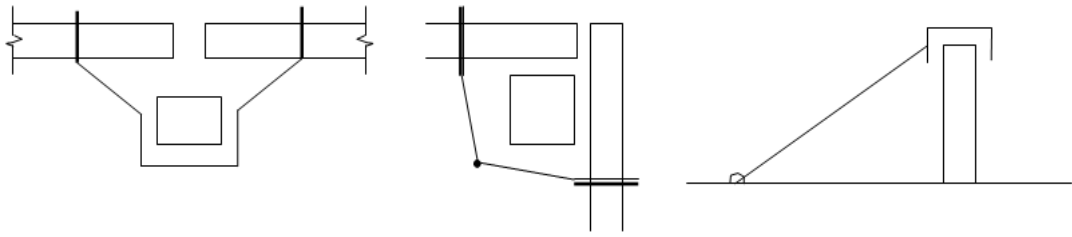


Рис. 96. Крепление железобетонных стеновых панелей

Простеночные панели крепят струбцинами к нижнему ряду панелей (рис. 98).

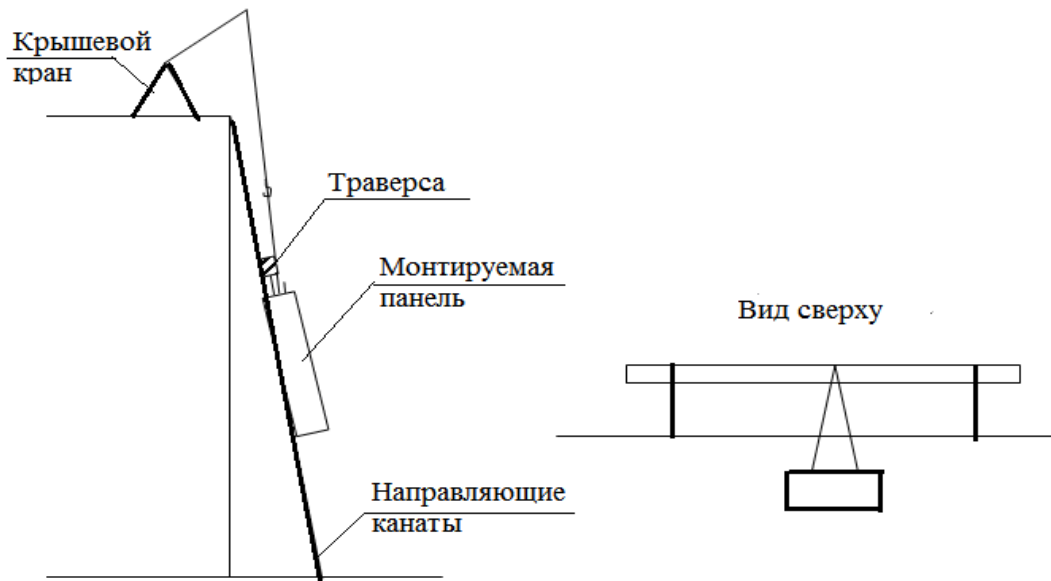


Рис. 97. Установка направляющих канатов

Заделку стыков ведут параллельно с установкой элементов. При герметизации стыков снаружи используют навесные подмости.

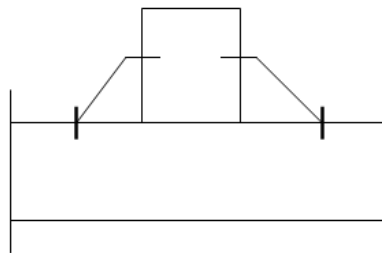


Рис. 98. Крепление простеночной панели

### Лекция 3.3 Возведение крупнопанельных зданий

В конце 50-х годов начала создаваться технология строительства крупнопанельных домов заводского изготовления.

Для монтажа конструкций крупнопанельных зданий используют башенные краны грузоподъёмностью до 10 т (рис. 99).

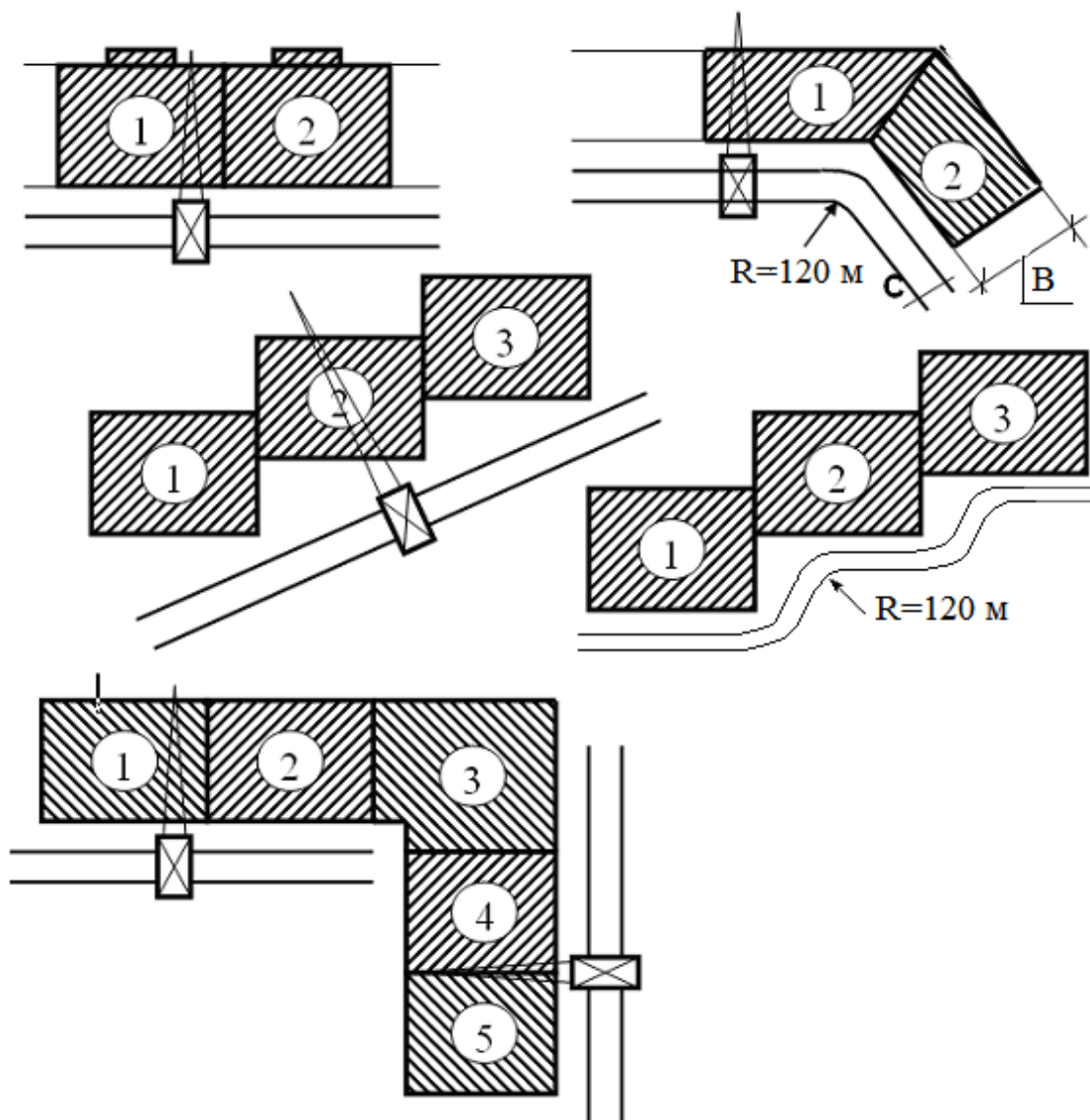


Рис. 99. Схемы расстановки кранов при монтаже крупнопанельных зданий

По конструктивной схеме крупнопанельные здания могут быть:

1. с малым шагом поперечных несущих стен;

2. с большим шагом поперечных несущих стен;
3. со смешанным шагом несущих стен;
4. с продольными несущими стенами.

Конструкции крупнопанельных зданий монтируют свободным и ограниченно-свободным методами. Метод монтажа зависит от применяемых при установке сборных элементов монтажных приспособлений.

Монтажные приспособления для свободной установки элементов имеют регулируемые винтовые устройства, которые обеспечивают приведение элемента в процессе выверки в заданное положение и устройства для закрепления его в этом положении. Контроль точности приведения элементов в заданное положение в процессе выверки осуществляется геодезическими оптическими приборами, отвесом, уровнем и т.д. Такое монтажное оснащение называется индивидуальным.

Монтажные приспособления для ограниченно-свободной установки элементов содержат ограничивающие устройства (упоры), позволяющие в последней стадии установки элемента ограничить его движение в пределах заданного допуска. При этом отпадает необходимость в геодезической выверке элементов. Оснащение, применяемое при ограниченно-свободной установке элементов, называется групповым. Ограниченно-свободным методом устанавливают панели поперечных стен крупнопанельных зданий. Остальные элементы устанавливают свободным методом с применением индивидуального монтажного оснащения.

Технологическая последовательность монтажа на захватке крупнопанельных домов зависит от принятых в проекте объёмно-планировочных решений зданий, но вместе с тем имеет ряд общих требований, которые необходимо учитывать:

1. необходимость оклеечной изоляции в стыках наружных панелей, из-за чего их необходимо устанавливать в первую очередь и лишь потом

(после выполнения оклеечной изоляции) приступать к монтажу панелей внутренних стен;

2. обеспечение полной и рациональной загрузки панелевозов (однотипными изделиями) при монтаже с колёс;

3. осуществление монтажа по принципу «на кран», в соответствии с которым первыми должны устанавливаться элементы, расположенные на наиболее удаленной от крана оси;

4. максимальное сокращение количества приспособлений, необходимых для временного закрепления элемента, для чего необходимо по возможности ограничить протяжённость монтажных участков и применять там, где это возможно, монтаж с применением жёстких, устойчивых ячеек.

### **Монтаж ленточных фундаментов**

Монтаж ленточных фундаментов производят звеном из трех монтажников М4-1, МЗ-2. При монтаже ленточного фундамента между обносками по осям наружных стен натягивают проволоки и с помощью отвеса переносят на дно траншеи точку пересечения осей. От этой точки метром отмеряют проектное положение наружной грани фундаментной ленты и забивают два металлических штыря, на которые натягивают проволочную причалку за 2 см до края плиты. После установки маячных блоков причалку поднимают на уровень наружного верхнего рёбра фундаментных блоков. Перед началом монтажа блоков монтажники должны проверить отметки основания по визиркам. Горизонтальность основания выверяется по кольшкам с помощью правила или уровнем. В случае необходимости на основание следует добавить песок, а лишний слой срезать.

Проверять горизонтальность следует не менее чем в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Монтаж начинают с установки маячных блоков-подушек в углах здания и на пересечении межсекционных осей.

Рядовые фундаментные блоки монтируют после инструментальной выверки по горизонтали и вертикали маячных блоков.

Маячные блоки-подушки устанавливают по двум взаимно перпендикулярным причалкам, рядовые блоки-подушки - по причалке и монтажному зазору между устанавливаемыми и установленным смежным блоком.

Отклонение от проекта размеров смонтированных фундаментов следующее: верхняя плоскость от горизонтали  $\pm 5$  мм, оси отдельных подушек от оси ленты фундаментов  $\pm 10$  мм.

После окончания монтажа фундаментных блоков необходимо срезать монтажные петли, проверить горизонтальность поверхности блоков с помощью нивелира, выровнять поверхность блоков цементным раствором.

Наружные пазухи фундаментных блоков засыпают грунтом, утрамбовывают. Швы между подушками заполняют грунтом, утрамбовывают и в верхней части на толщину 4 см заделывают цементным раствором по длине на 10 см больше толщины стеновых блоков (рис. 100).

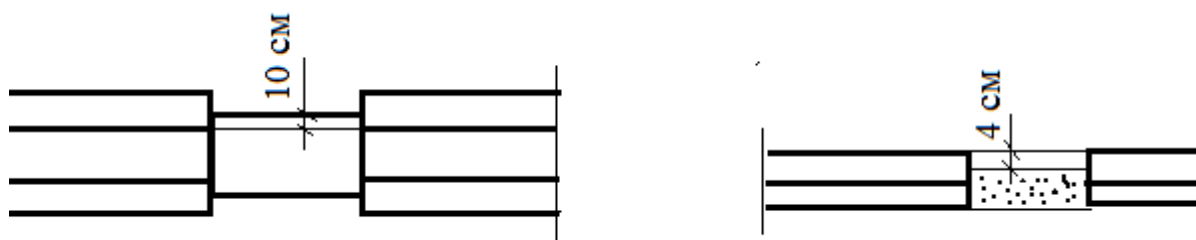


Рис. 100. Заделка стыков между подушками фундамента

Армирование швов по верху блоков-подушек сборных ленточных фундаментов выполняется по рабочим чертежам с соблюдением технических условий на производство железобетонных конструкций и бетонных работ.

### **Монтаж стеновых панелей цокольного этажа**

Монтаж производится звеном из трёх монтажников пятого, четвёртого и третьего разрядов. Установка панелей производится свободным методом с

применением индивидуального оснащения и ограниченно-свободным с групповым оснащением.

Установка панелей с помощью индивидуальных приспособлений осуществляется обычно по рискам путём совмещения грани панели с установочными рисками, нанесёнными на фундаментных подушках при геодезической разбивке осей. Приведение панелей в вертикальное положение производится по рейке-отвесу. Временное закрепление панелей может быть выполнено с помощью телескопического подкоса со струбциной или бесструбцинного подкоса, а также использованием парных или откидных струбцин. Закрепление подкосов в нижней части осуществляется за монтажные петли фундаментов. При отсутствии возможности закрепления за монтажные петли подкос может крепиться к специальным якорям, предварительно забиваемым в грунт (в виде железобетонного блока).

Групповое оснащение при монтаже подвала применяется для установки панелей поперечных стен. В состав оснащения в этом случае включаются обычно системы горизонтальных штанг или связей. Конструкции и расположение их по высоте могут быть различными. Установка каждой панели осуществляется с помощью трёх штанг. Две штанги располагаются по верху панелей и одна по низу. В процессе монтажа панелей штанги соединяются между собой, образуя монтажно-контактную цепь. Использование таких штанг позволяет принудительно приводить панель в проектное положение, исключая операцию выверки.

При наличии системы штанг наиболее рациональна последовательность, при которой сначала с помощью штанг монтируются панели поперечных стен, а затем панели продольных стен. В этом случае для закрепления панелей продольных стен вместо подкосов можно использовать спаренные или откидные струбцины, навешенные на закреплённые панели поперечных стен. Монтаж панелей поперечных стен начинается с установки базовых панелей, положение которых определяется ППР. Установка базовых панелей в

плане осуществляется по установочным рискам, нанесённым на фундаментные блоки при геодезической разбивке осей. Установка по вертикали производится по теодолиту. При этом в вертикальное положение приводится не грань панели, а её геометрическая ось. Для временного закрепления базовых панелей и приведение их в вертикальное положение используют телескопические подкосы со струбцинами.

После монтажа базовых панелей приступают к установке рядовых панелей. Рядовую панель, поднятую краном, два монтажника принимают на высоте 30 см от уровня установки и, удерживая от поворота, опускают так, чтобы она на 3 ÷ 4 см не дошла до поверхности растворной постели. В это время третий монтажник навешивает на панель и закрепляет нижнюю штангу-фиксатор (рис. 101). Затем поочередно навешивают верхние штанги.

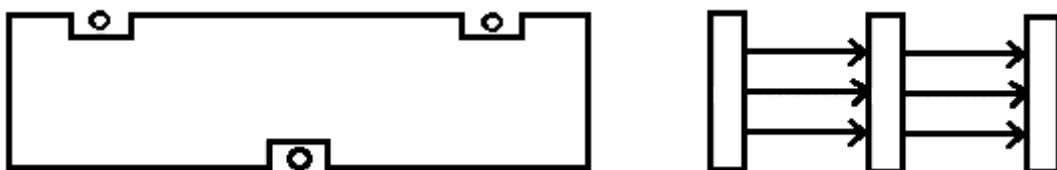


Рис. 101. Установка штанг

После закрепления верхними штангами панель устанавливают на растворную постель. При опускании панель сразу же принудительно занимает проектное положение в плане относительно поперечной оси здания. Обеспечение проектного положения достигается за счёт строго калиброванных размеров штанг. Приведение в проектное положение низа панели относительно продольной оси может осуществляться по рискам или по шнуру непосредственно в момент опускания панели.

Чтобы избежать возможного смещения верха установленных панелей, штанги рекомендуется демонтировать только после укладки плит перекры-

тий. При использовании штанг повышается точность монтажа, и снижаются трудозатраты крана в 2.5 раза.

### Установка панелей наружных стен свободным методом

Установка панелей наружных стен с однорядной разрезкой в поперечном направлении осуществляется совмещением внутренней грани панели с установочными рисками или с поверхностью упорной грани инвентарных шаблонов, ориентируемых по установочным рискам.

Для повышения точности установки упорная грань шаблона должна быть на  $50 \div 100$  мм приподнята над перекрытием, чтобы фиксировать панель не по её нижней кромке, которая часто имеет сколы и наплывы бетона, а несколько выше, где она имеет относительно ровную поверхность. Не рекомендуется устанавливать низ панели в поперечном направлении по граням ниже установленных панелей, так как в этом случае из-за отсутствия монтажных средств, обеспечивающих строгую фиксацию проектного положения верха панели, может происходить накапливание погрешностей в положении по мере увеличения количества этажей. Способ установки панелей в продольном направлении зависит от способа решения фасада здания. При гладкой линии фасада в продольном направлении панели устанавливают путём совмещения риски, нанесённой на нижней кромке её внутренней грани и фиксирующей середину её длины, с риской, нанесённой на перекрытии при геодезической разбивке и определяющей середину проектного шага поперечных осей (рис. 102).

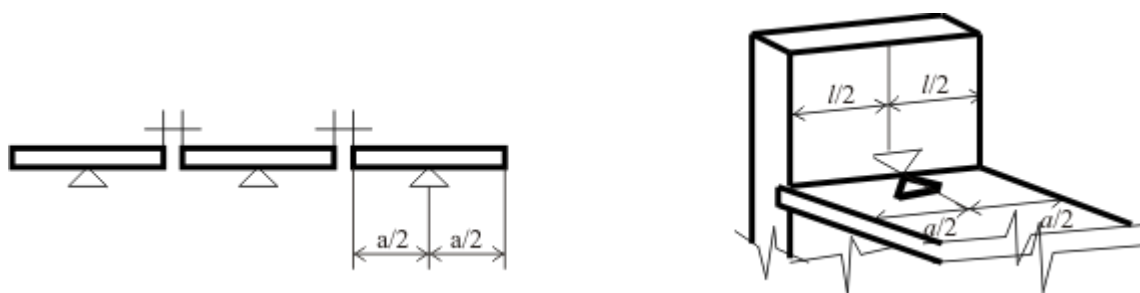


Рис. 102. Установка панелей в поперечном направлении при гладком фасаде

При таком способе установки погрешности от неточности изготовления панелей по длине распределяются равномерно на два соседних шва. Это позволяет избежать накопления погрешностей в положении панелей и обеспечить относительно равные швы между ними.

Если решение фасада предусматривает устройство лоджий, эркеров, которые ломают линию фасада в плане, то установка панелей в продольном направлении может осуществляться путем контактирования её с помощью специального шаблона (калибра) ранее установленной панелью (рис. 103). В этом случае лоджии и эркеры исполняют роль компенсационных зон, поглощающих погрешность от неточности изготовления панелей по её длине. Толщина шаблона должна соответствовать проектной толщине вертикального шва.

Выверенную в плане панель временно закрепляют подкосами к плитам перекрытия. Тип подкоса выбирают в зависимости от вида и расположения устройств, за которые осуществляют строповку панелей, а также от конструкции самой панели.

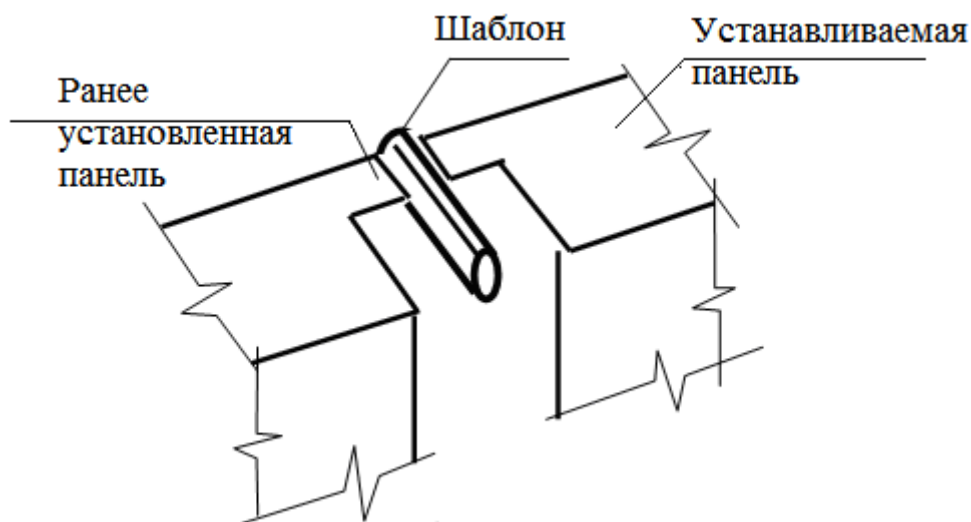


Рис. 103. Установка панелей в поперечном направлении при ломаном фасаде

Если для строповки в её верхней грани предусмотрены выступающие монтажные петли, то её временное закрепление наиболее целесообразно осуществлять с помощью бесструбцинного цельносварного подкоса с захватными головками по концам (рис. 104).

Если в панели вместо монтажных петель предусмотрены болты, штыри или монтажные петли, утопленные в глубине верхней грани панели, то для её крепления используют струбцинные подкосы.

Если в конструкции панели для её крепления предусмотрено устройство специальных закладных деталей (петли, коробки и т.д.), которые, как правило, располагаются на высоте  $170 \div 180$  см от уровня перекрытия, то её крепление осуществляется бесструбцинным подкосом укороченной длины. В этом случае закрепление панелей выполняется непосредственно с перекрытия без применения стремянки и монтажных столиков.

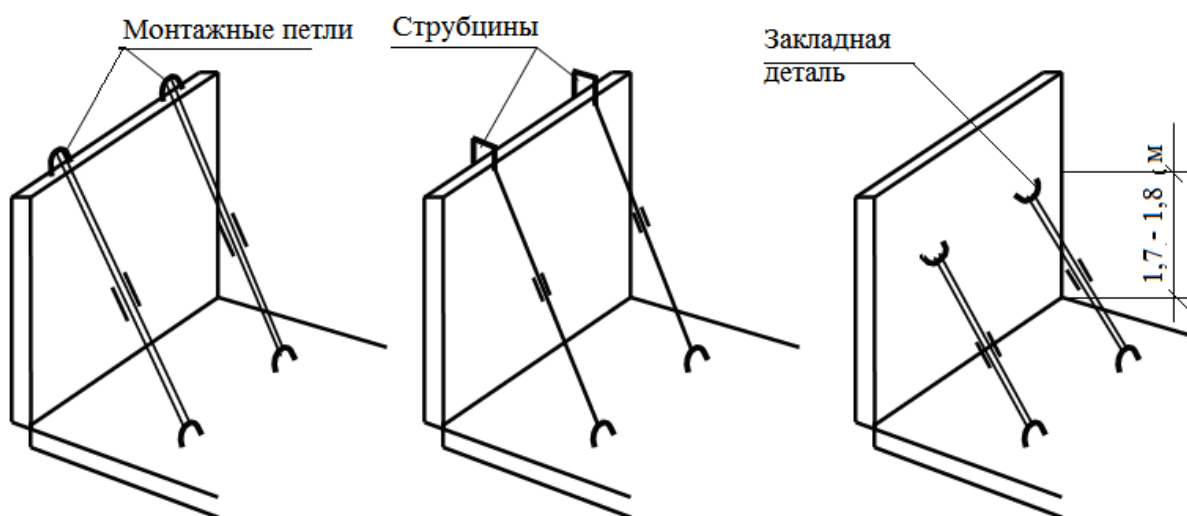


Рис. 104. Виды подкосов для временного крепления панелей

Самым эффективным с точки зрения удобства работ и затрат труда является бесструбцинный подкос укороченной длины. К перекрытию подкосы крепятся к монтажным петлям самих плит или к специальным устройствам,

предварительно закрепленным для этой цели в технологических отверстиях плит перекрытий.

После временного закрепления панели проверяется её положение относительно вертикали. Проверка вертикали осуществляется обычно рейкой-отвесом по двум граням: внутренней боковой и открытой торцевой.

### **Установка панелей внутренних стен**

Установка панелей внутренних стен может производиться свободным или ограниченно-свободным методом.

При применении индивидуального монтажного оснащения установку панелей внутренних стен выполняют так же, как и панелей наружных стен с однорядной разрезкой, т.е. низ панели устанавливается по рискам, относительно вертикали по рейке-отвесу (рейке-уровню). Временное закрепление панелей производится с помощью подкосов, торцевых стоек или угловых связей (рис. 105).

При применении группового монтажного оснащения панели внутренних стен устанавливают до монтажа панелей наружных стен. В этом случае для крепления панелей наружных стен применяют угловые связи.

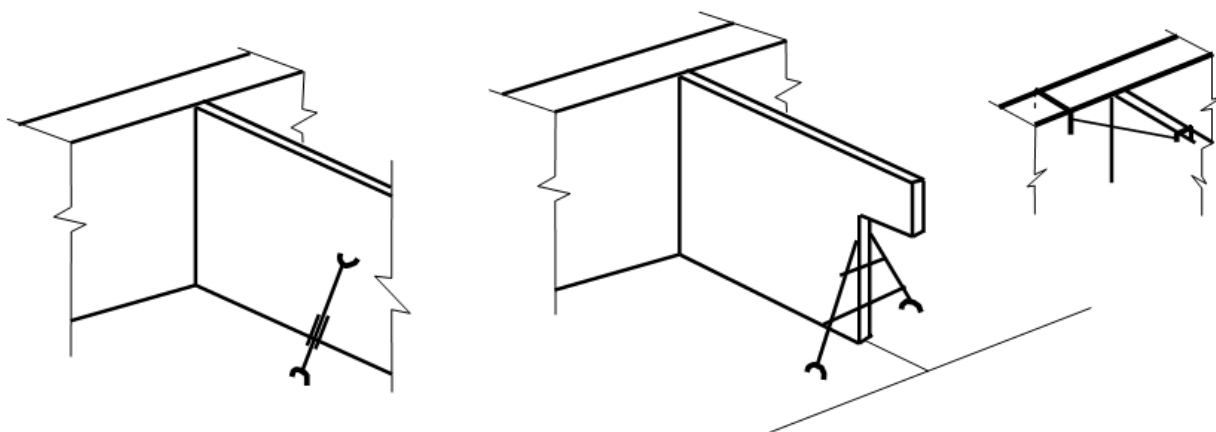


Рис. 105. Временное крепление внутренних стен

## Групповое монтажное оснащение

Применяется для установки панелей поперечных стен. При использовании группового оснащения монтаж на каждом этаже начинается с установки базового элемента. Установку базового элемента следует выполнять с повышенной точностью, так как погрешность в положении базового элемента через систему связей передаётся на последующие устанавливаемые элементы.

Для установки низа панелей наиболее рациональными являются упоры, закрепляемые в отверстиях стальной ленты, предварительно уложенной на перекрытии. Расстояния между отверстиями в ленте точно соответствуют проектному шагу здания. При использовании этих упоров стальную ленту укладывают на всю длину захватки (по две ленты на панель) с учётом равномерного распределения их по ширине пролёта. Концы лент зажимают в натяжных устройствах, прикреплённых к плитам перекрытия с помощью специальных устройств. Винтами натяжных устройств ленты натягивают и ориентируют относительно рисок базовых осей путём совмещения соответствующих рисок или отверстий на ленте с риской базовой оси. В отверстия ленты устанавливают упоры и плотно закрепляют их зажимными винтами колодки (рис.106). При этом упоры оказываются точно установленными относительно разбивочных осей здания.

По окончании монтажа панелей упоры снимают, а ленту скручивают. Использование стальной ленты позволяет исключить геодезическую разбивку поперечных осей. В этом случае на каждое монтируемое перекрытие достаточно перенести только базовые оси.

Проектное положение базового элемента обеспечивается следующими методами:

1. кондуктором-установщиком путём доведения верхней и нижней граней панели до соприкосновения с упорными устройствами кондуктора, выверенного предварительно относительно базовой оси;

2. установкой низа базового элемента по упорам, закреплённым на ленте и выверенным относительно базовой оси с выверкой верха элемента по вертикали с помощью отвеса или теодолита;

3. установкой низа панели непосредственно по рискам базовой оси и выверкой верха её так же, как в предыдущем случае с помощью отвеса или теодолита.

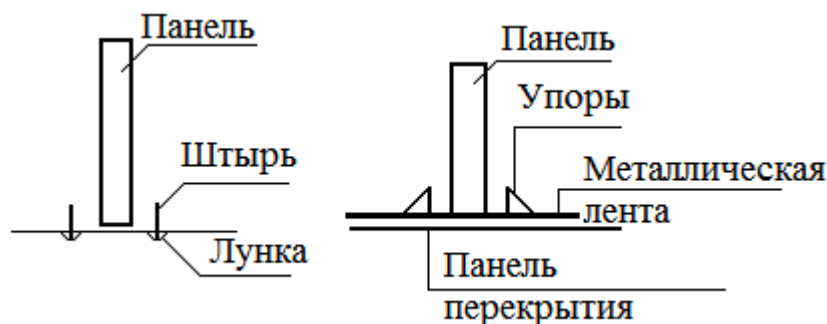


Рис. 106. Крепление низа панелей

При установке базовой панели особое внимание необходимо обращать на жёсткость крепления, исключающего возможность смещения панелей под действием нагрузок, возникающих при монтаже остальных элементов. Для этого базовую панель сразу же после установки скрепляют постоянными связями с ранее установленными панелями наружных и внутренних продольных стен.

После монтажа базовых элементов приступают к укладке рядовых панелей поперечных стен. Точность установки рядовых панелей стен, а также приёмы выполнения работ при использовании группового монтажного оснащения зависят от конструкции входящих в состав монтажного оснащения устройств, предназначенных для установки в проектное положение верха и низа элементов.

Для установки низа панелей используют упоры, вилки или закладные штыри в сочетании с лунками. Для приведения в проектное положение верха

панелей могут применяться горизонтальные связи, тяги, располагаемые по верху элементов или горизонтальные связи-штанги, пропускаемые через технологические отверстия панелей. Наличие постоянного размера между фиксирующими устройствами связей, штанг и тяг обеспечивает принудительное приведение верха элемента в проектное положение. При использовании указанных приспособлений выверка панелей по вертикали не производится.

#### Монтаж поперечных стен с помощью горизонтальных связей

Горизонтальная связь представляет собой трубу длиной, равной поперечному шагу здания. К каждому концу трубы приварено по два хомута с подвижным и неподвижным упорами. Посередине трубы имеется гнездо, куда вставляется ручка, с помощью которой связь поднимается и навешивается на панели сверху. Поворотная рукоятка предназначена для вращения подвижного упора. С помощью ручки и рукоятки можно обходиться без лестниц.

Места навески связей определяются ППР в зависимости от планировочного решения секций, входящих в монтажную захватку. Монтажник поддерживает ручку до тех пор, пока второй рукояткой временно не закрепит панель (рис. 107). Одновременно с установкой осуществляется постоянное закрепление панелей в соответствии с проектом.

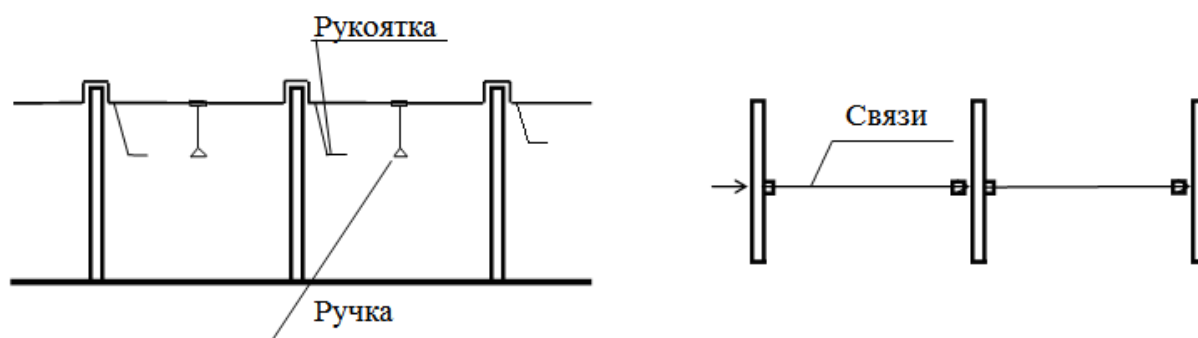


Рис. 107. Схема установки горизонтальных связей

Для обеспечения пространственной жёсткости и неизменности положения установленных элементов постоянное закрепление не должно отставать от установки более чем на три пролёта.

Горизонтальные связи применяются при поперечном шаге стен 3.2 и 2.6 м. Горизонтальная связь - это дюралюминиевая труба диаметром 40 мм, с хомутами, имеющими подвижный и неподвижный упоры.

Масса связи с монтажной ручкой составляет 6.5 кг.

Демонтаж оснащения осуществляется перед укладкой плит перекрытия после постоянного закрепления всех элементов на захватке.

### **Монтаж с использованием парношарнирных тяг**

Парношарнирные тяги в основном применяется на домах с широким шагом поперечных стен. Тяги состоят из двух труб (рис. 108).

Навеска тяг осуществляется краном на панель на складе перед монтажом из-за большого веса. После установки в плане с помощью специального вилочного устройства трубы разводят под углом 90° и закрепляют на ранее установленной панели.

Демонтаж производят сведением труб после устройства постоянных креплений. После раскрепления парношарнирные тяги подают на склад башенным краном.

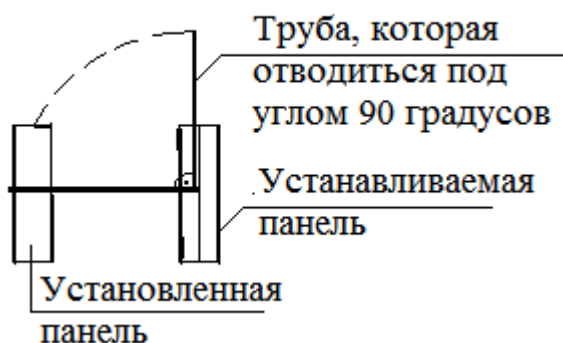


Рис. 108. Установка парношарнирных тяг

## Монтаж поперечных стен с помощью штанг

Отверстия изготавливают на заводе на высоте 1.7-1.75 м от уровня перекрытия. Привязка отверстий должна обеспечивать их створность по всей длине захватки (рис. 109). Отверстие выполняют по возможности ближе к середине панели для устойчивости.

До начала установки рядовых панелей в технологические отверстия базового элемента вставляют вкладыши и с помощью базового замка закрепляют в нём. Проушина базового замка соединяется с концом одной из штанг, которые заранее расположены на перекрытии. После установки рядовой панели поперечной стены один из монтажников устанавливает вкладыш в технологическое отверстие и удерживает его, пока второй монтажник с другой стороны панели закрепляет штангу.

Демонтаж штанг производится после монтажа панелей перекрытия. Штанга является дополнительным креплением стен.

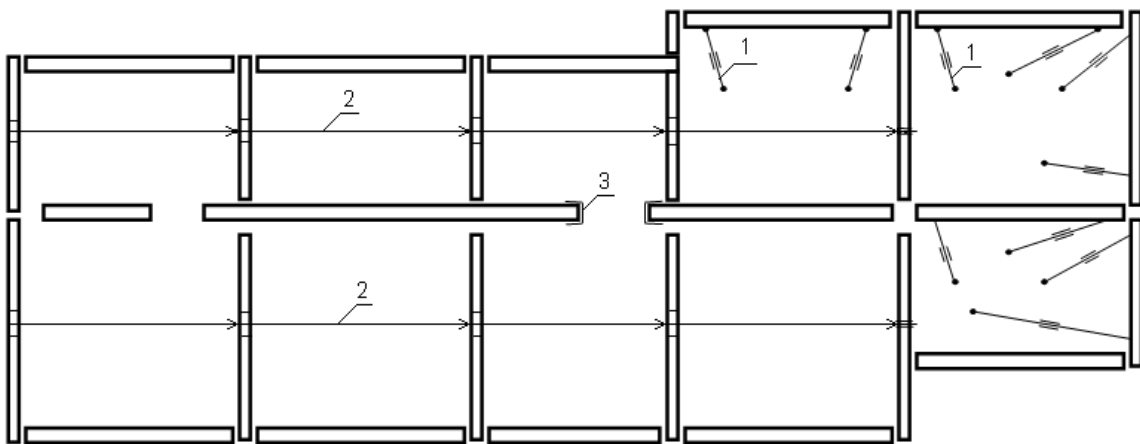


Рис. 109. Временное крепление стеновых панелей: 1 – подкосы;  
2 – штанги или горизонтальные связи; 3 – треугольные стойки

Растворную постель устраивают из пластичного цементного раствора или цементно-песчаной пасты. Если проектом предусмотрена герметизация стыка пористыми прокладками, то их укладывают до устройства постели.

Также укладывают и утеплитель. Шнур наклеивают на мастике. Стык устраивают на расстоянии 1/4 от длины панели. Наружные панели устанавливают на два маяка. Внутренние несущие панели устанавливают таким же образом. Ненесущие панели и перегородки устанавливают без маяков.

### Установка перегородок

Установка перегородок осуществляется, как правило, после монтажа основных несущих конструкций. Перегородки в плане устанавливают путем совмещения одной из граней с установочными рисками или с упорной поверхностью шаблона при его использовании. Способы временного закрепления зависят от их конструкции, размеров и расположения в плане.

Постоянное закрепление перегородок осуществляется в соответствии с проектом после укладки плит перекрытия (рис.110).

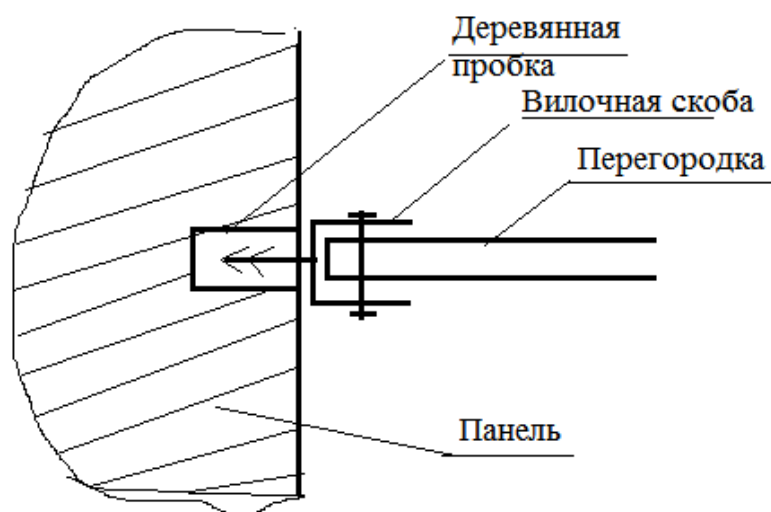


Рис. 110. Крепление перегородок

Если нельзя скобы забить в стены, перегородки крепят по верхней обвязке скобами со стенами.

При монтаже сдвоенных перегородок (межквартирных), установив одну из них, прибивают к ней с внутренней стороны бруски каркаса, к которым и прислоняют вторую перегородку и крепят штырями с шагом  $400 \div 600$  мм.

### **Укладка плит (настилов) перекрытий**

Плиты монтируют после установки и постоянного закрепления в соответствии с проектом всех стеновых элементов на захватке и загрузке на монтируемый этаж всех необходимых деталей и материалов. К месту укладки плиты подаются в горизонтальном положении. Если плиты завозят в вертикальном положении, то применяют траверсы с кантователями. Укладку плит перекрытий начинают от лестничной клетки и ведут в обе стороны от неё. Первую плиту при укладке принимают с подмостей, последующие со смонтированной части перекрытия. Плиты укладывают на слой раствора по маякам или «насухо», а затем заполняют швы раствором. Глубина площадки опирания уложенных плит не должна быть меньше величины, предусмотренной проектом.

### **Монтаж конструкций крупнопанельных домов с помощью кондукторов ВИЗ-9/90**

В комплект должны входить не менее  $6 \div 8$  кондукторов. Сначала устанавливают кондуктор на базовой стоянке, где с помощью теодолита выверяют шарнирную раму (рис. 111) по продольному и поперечному створам. Затем устанавливают кондуктор, который с помощью теодолита выверяют в одном направлении, а в другом присоединяется к уже установленному кондуктору. Монтаж производят в следующем порядке: монтажники принимают панель, заводят её в зев кондуктора и останавливают на расстоянии  $20 \div 30$  см от перекрытия. Освобождают от фиксации вилочный захват, который захватывает верх панели, панель опускают на перекрытие (рис. 111).

Приведение в проектное положение и крепление внутренних и наружных стен вилочными захватами осуществляется полуавтоматическими приёмами. В начальный период монтажа вилочные захваты находятся в предмонтажном состоянии и удерживаются фиксаторами. Монтажник освобождает фиксатор, в результате чего захват под собственным весом перемещается вниз и охватывает верхнюю грань панели.

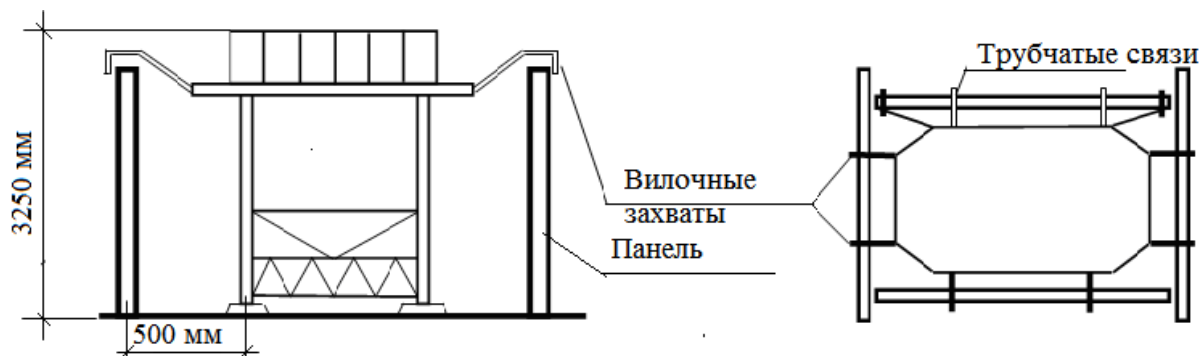


Рис. 111. Кондуктор для монтажа панелей

Порядок работ при использовании кондукторов для монтажа крупнопанельных зданий следующий:

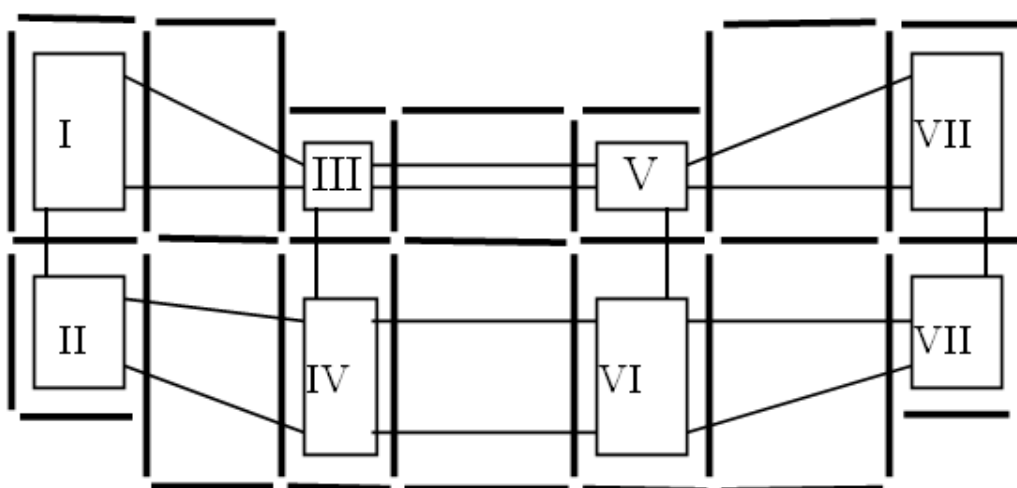


Рис. 112. Схема расстановки кондукторов

1. нанесение разбивочных рисок под панели и установочных для кондукторов;
2. установка кондукторов;
3. монтаж панелей;
4. устройство проектных соединений;
5. заделка стыков;
6. перестановка кондукторов;
7. установка сантехнических кабин, вентиляционных блоков, перегородок;
8. укладка панелей перекрытия.

Метод монтажа аналогичен применению РШИ для многоэтажных зданий.

### **Монтаж с использованием балочного кондуктора**

Кондуктор ВИЗ-9/16 решён в виде составной балки, опирающейся на две коробчатые опоры (рис. 113). Балка состоит из двух телескопически соединённых секций, верхняя из которых жёстко соединена с опорами, а нижняя может перемещаться в продольном и поперечном направлении относительно опор на  $\pm 100$  мм, поэтому опоры кондуктора должны быть установлены с погрешностью не более 100 мм.

На подвижной балке закреплены вилочные захваты для фиксации верха панелей наружных и внутренних стен.

Кондуктор устанавливают вдоль продольных осей. Продольные панели опускают вдоль балок кондуктора и закрепляют каждую двумя вилочными захватами.

Поперечные стеновые панели подают краном параллельно балкам кондуктора, разворачивают после опускания ниже плавающей балки, устанавливают в проектное положение и закрепляют угловыми вилочными захватами двух кондукторов.

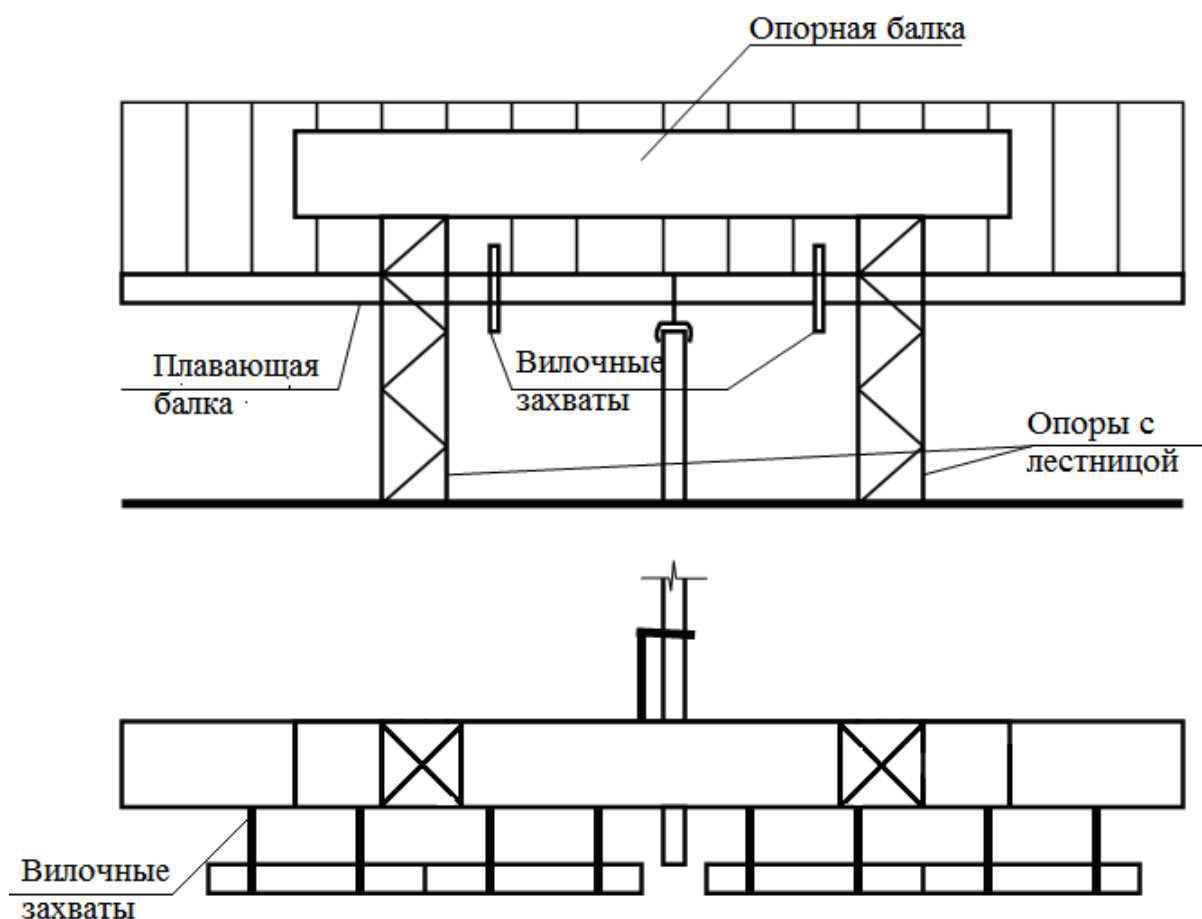


Рис. 113. Балочный кондуктор

### Принудительный монтаж крупнопанельных зданий

Принудительный монтаж или метод пространственной самофиксации ведётся захватками в одну секцию.

Перед началом монтажа определяют монтажный горизонт и устанавливают монтажные маяки под стеновые панели с помощью нивелира. Проверяют положение штыревых фиксаторов относительно разбивочных осей. Первыми устанавливают и выверяют с помощью теодолита базовые внутренние поперечные панели. Базовые панели монтируют свободным методом и закрепляют в проектном положении двумя подкосами.

От точности установки базовых панелей зависит точность монтажа всей конструкции. От базовых панелей начинают монтаж стеновых панелей ячейками в следующем порядке:

1. монтируют продольную внутреннюю стеновую панель, затем две поперечные внутренние стеновые панели на обеих половинах захватки (третья, четвёртая и пятая панель);
2. монтируют внутреннюю продольную стеновую панель и снова две поперечные (шестую, седьмую и восьмую панель);
3. образовавшиеся четыре ячейки замыкают установкой наружных двухмодульных панелей (девятой и десятой).

При монтаже каждую рядовую внутреннюю панель устанавливают на два штыревых фиксатора в нижней части панели и в верхней зоне закрепляют с помощью замкового соединения (рис. 114).

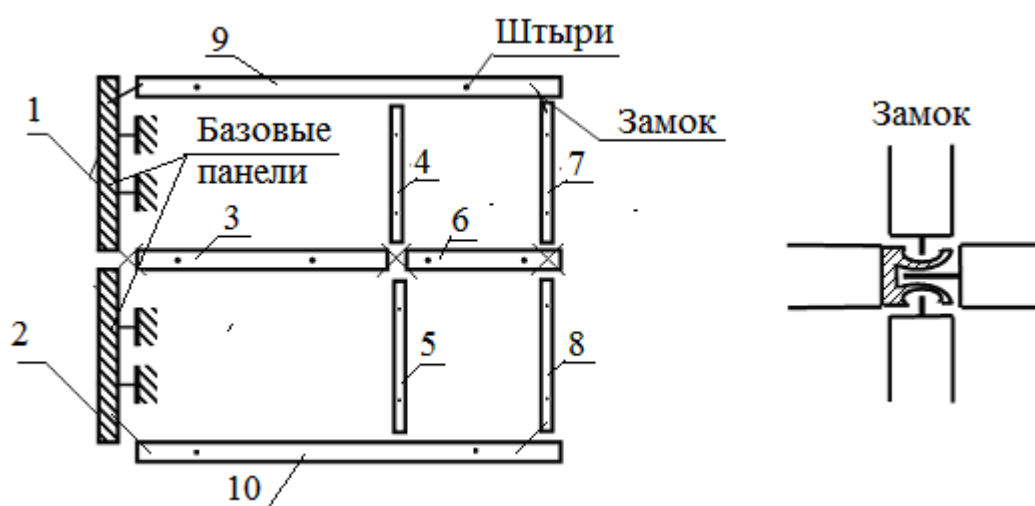


Рис. 114. Порядок установки панелей на захватке

Таким образом, панель оказывается закреплённой в трёх точках, поэтому не требует дополнительного крепления. Замыкающую наружную стеновую панель закрепляют в четырёх точках на два штыревых фиксатора и два замка, что требует высокой точности установки закладных деталей.

Для получения замкового соединения ранее смонтированная панель должна иметь закладную деталь, которая фиксирует закладные детали последующих панелей. Применение данного метода сдерживает сложность выполнения закладных деталей высокой точности.

### Лекция 3.4 Возведение крупноблочных и объемно-блочных зданий

В крупноблочных зданиях применяют двухрядную из простеночных и перемычных блоков, и четырехрядную (при четырехрядной разрезке простеночный блок разрезают на три блока по высоте) разрезку (рис. 115).

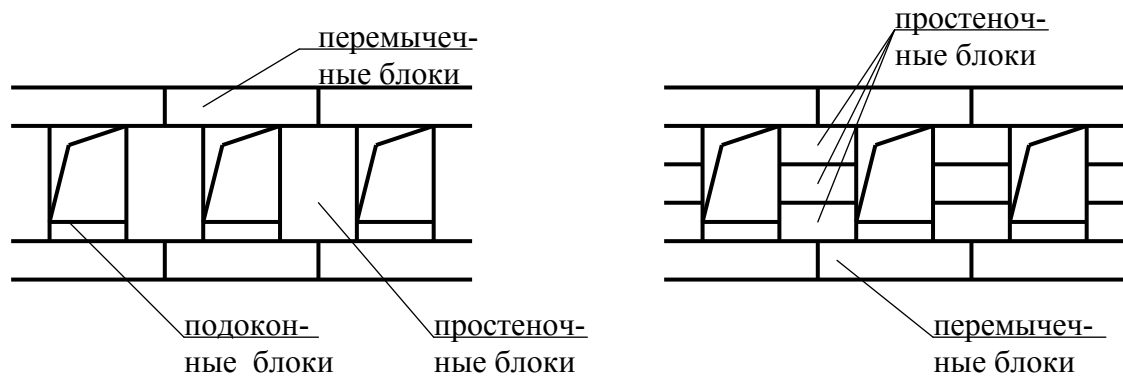


Рис. 115. Разрезка стен

#### Монтаж стен подвала из блоков

Перед монтажом стеновых блоков должен быть выверен монтажный горизонт и проведена разбивка мест установки блоков в плане. На фундамент выносят положение всех осей, натягивая проволоку между обносками и используя отвес. Пересечение осей закрепляют двумя взаимно перпендикулярными рисками.

Монтаж стен подвала включает в себя: подачу и разравнивание раствора, установку блоков, заполнение вертикальных швов, расшивку вертикальных и горизонтальных швов с обеих сторон стены. При укладке верхних рядов блоков применяют инвентарные выдвижные площадки. В первую очередь монтируют продольные стены на всю высоту. Поперечные стены выкладывают из блоков с уступами.

Монтаж начинают с установки маячных блоков (угловых и промежуточных). После их установки на уровне верха блока на расстоянии 2-3 мм от наружной грани стены натягивают проволочную причалку и закрепляют ее скобами. При разбивке мест установки блоков последующих рядов риски наносят на боковой поверхности блоков нижнего ряда.

Стеновые блоки устанавливают на слой раствора. Растворную постель летом разравнивают зубчатой малкой, зимой – гладкой малкой на раме. В слой раствора под каждый блок втапливают две прокладки и два клина.

В продольном направлении правильность установки контролируют по рискам нижнего ряда и толщине шва. В поперечном направлении по причалке и плоскости установленных блоков для придания блокам необходимого наклона. Блок устанавливают параллельно или с небольшим наклоном внутрь. При необходимости блок доводят, вытаскивая клинья. Забивать клинья нельзя, т.к. образуется щель.

При монтаже второго ряда монтажные петли срезают или загибают.

Если отклонение от проектного больше 5 мм, блок следует снять. Горизонтальность блока правилом с уровнем.

Блоки стен укладывают с перевязкой швов. Вертикальные и горизонтальные стыки расшивают с двух сторон. Засыпку пазух после монтажа плит ведут с трамбованием. Засыпка до монтажа плит разрешается при условии обеспечения устойчивости стен подвала.

### **Монтаж наружных стен**

Проверка горизонтальности опоры, подготовка растворной постели, установка блока, конопатка и герметизация стыков.

После установки маячных и промежуточных блоков с помощью скоб натягивается причалка.

Растворная постель разравнивается пилообразной малкой, что позволяет получить лучшее сцепление блока с раствором или по рамке. Рамка устанавливается по уровню, заполняется раствором, излишки срезаются металлической рейкой, достигается ровная поверхность.

Растворную постель не доводят до наружной грани на  $40 \div 50$  мм, до внутренней грани на  $15 \div 20$  мм, что предотвращает затекание раствора на фасад. От правильного устройства постели зависит степень заполнения швов, необходимое сцепление раствора с бетоном и монолитность кладки стен.

### **Монтаж простеночных блоков**

Краном на высоту  $20 \div 30$  см над местом посадки, разворачивают в необходимом направлении и медленно опускают на растворную постель. Причалку ослабляют, чтобы не мешала. Правильность посадки контролируют по риску, обозначающей проем. Если блок наклонился, то во избежание выдавливания раствора под очищенное ребро в растворную постель укладывают два клина, которые удаляют после выверки блока и начального затвердевания раствора. Стропы после опускания натянуты до окончательной выверки, причальный шнур снова закрепляют.

Выверяют правильность установки на основание, вертикальность боковых граней, размещение блока в плоскости стены. Добавлять свежий раствор запрещается. Следят за величиной монтажного зазора.

Для контроля используют рейку-отвес и правило.

После выверки уплотняют подштопкой, обращая внимание на полноту заполнения щели.

Расстроповку производят с монтажного столика. Запрещается пользоваться приставной лестницей.

Пазы между блоками заполняют бетонной (керамзитобетонной) смесью.

## Монтаж подоконных блоков

Монтаж подоконных блоков ведут после установки всех простеночных блоков на захватке, и после затвердевания раствора в их горизонтальных швах. Разметку высоты с помощью шаблона, отмечая на боковой грани простеночного блока от верха высоту окна, фиксируют меткой.

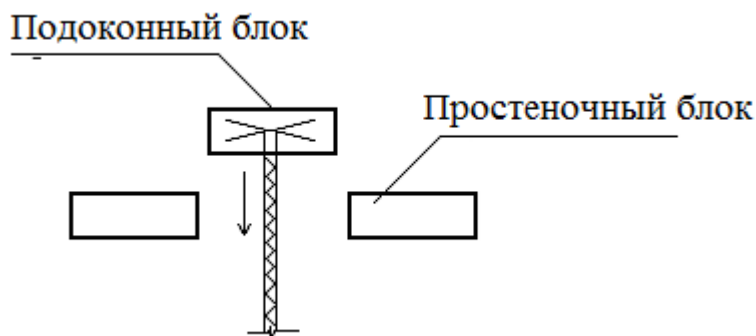


Рис. 116. Установка подоконного блока

Монтируемый блок на крюке заводят внутрь этажа на расстояние не менее 1 м от стены и останавливают на высоте 10 ÷ 15 см.

Блок разворачивают и заводят между простеночными блоками (рис. 116) внутрь здания.

Высоту – по метке, зазор монтажный правилом, которое прикладывают к смежным блокам. Доводку блока в плоскости стены выполняют, установив два клина под блок с внутренней стороны.

## Монтаж перемычных блоков

К монтажу блоков верхних ярусов наружных стен приступают после установки блоков нижележащего яруса по всей захватке. Для разметки мест укладки блоков-перемычек с помощью метра определяют середины простеночных блоков и фиксируют их рискуй. С помощью нивелира переносят и фиксируют рисками на простеночных блоках условную отмет-

ку на 1 м ниже опорной поверхности четвертей перемычных блоков (рис. 117). После установки маячных блоков-перемычек натягивают причалку на высоте этих блоков. По натянутой причалке устанавливают все последующие блоки-перемычки.

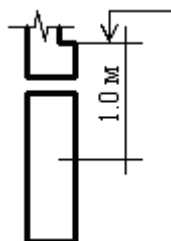


Рис. 117. Закрепление отметки перемычного блока

Металлической рулеткой размечают положение осей вертикальных швов между всеми блоками и фиксируют их рисками.

### **Возведение зданий из объемных блоков**

#### **Объемные элементы**

По способу изготовления – цельноформованные – пятистенный блок типа «колпак» со сборной панелью пола, блок типа «стакан» с панелью потолка, пятистенный блок с приставной наружной стеновой панелью «лежащий стакан».

По конструктивному исполнению – из несущих блоков размером на комнату, пролёт здания или квартиру, самонесущих блоков с опиранием на каркас здания.

По способу опирания – блоки, опёртые по контуру, блоки с опиранием по четырём углам и частичным опиранием с консольно выступающей частью.

В Финляндии больше из блоков по ширине на комнату, по длине на пролет здания. В Швеции – комбинированный метод из объёмных блоков санузла и кухни из плоских панелей.

У нас больше распространён монтаж из блоков на комнату. Монтаж объёмных блоков следует вести непосредственно с колёс.

Монтаж очередного этажа после сварки и заделки стыков. Стыки между блоками заделывают звукоизоляционными материалами, а швы по фасаду герметиками и мастиками. После монтажа каждого этажа производят стыковку по вертикали инженерных коммуникаций.

Применение консольно выступающих блоков создает возможности для архитектурной выразительности. Объёмно-блочные здания обладают высокой сейсмостойкостью.

### **Монтаж конструкций объёмно-блочных зданий**

При возведении объёмно-блочных зданий благодаря устойчивости объёмных элементов отпадает необходимость в выполнении ряда трудоёмких операций по установке и снятию монтажного оснащения, выверке и временному закреплению, что существенно упрощает процесс монтажа. Снижается количество отделочных работ, возможна большая степень заводской готовности. Нужна развитая база стройиндустрии.

Последовательность работ при монтаже объёмно-блочных зданий зависит от конструктивных особенностей блоков, способов их стыковки, а также используемого монтажного крана.

При расположении коммуникаций внутри блока, когда не требуется выполнять какие-либо работы по их стыковке снаружи вертикальных граней блоков, наиболее рациональным является параллельный монтаж обоих продольных рядов блоков от одного торца здания к другому (рис. 118).

Если санитарно-технические блоки, расположенные в одном продольном ряду, имеют коммуникации снаружи задней торцевой грани блока, их стыковку выполняют также снаружи блока, последовательность монтажа определяют с учетом времени, необходимого для выполнения этих работ.

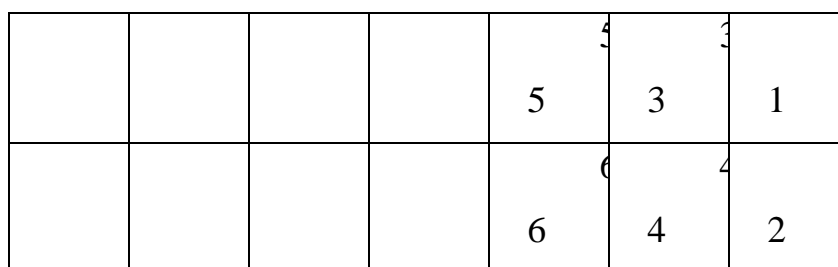


Рис. 118. Порядок монтажа блоков

Сначала монтируют часть блоков того ряда, где расположены блоки с коммуникациями, затем соответствующий участок блоков другого ряда (рис. 119).



Рис. 119. Порядок монтажа блоков с коммуникациями

После блоков с коммуникациями в том же ряду монтируют один или два блока с таким расчетом, чтобы к моменту монтажа блоков, располо-

женных против блоков с коммуникациями, все санитарно-технические работы были уже выполнены.

В том случае, если коммуникации расположены снаружи продольной стороны блоков и ориентированы одинаково, применяют круговую последовательность их установки (рис. 120).

При наличии в конструкции здания плоских доборных деталей последовательность монтажа зависит от конкретных конструктивных решений узлов примыкания деталей к объёмным блокам.

Если конструктивные решения позволяют, рациональнее сначала монтировать объёмные блоки, а затем доборные детали, исходя из выгоды длительного выполнения аналогичных монтажных циклов без смены оснастки.

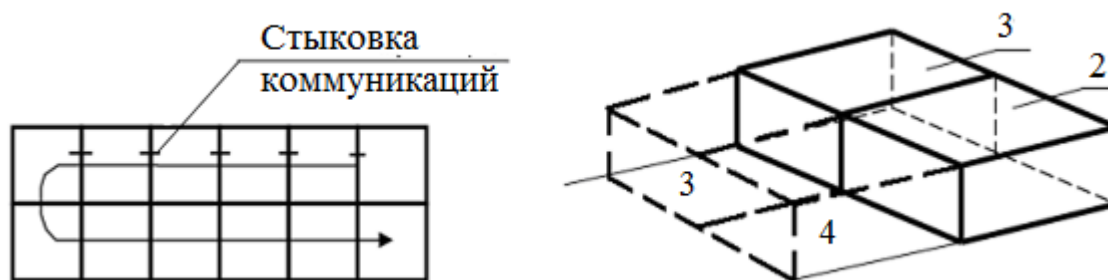


Рис. 120. Порядок монтажа при круговой стыковке коммуникаций

Подготовка к монтажу объёмно-блочных зданий начинается с выполнения геодезических работ – нивелирования опорных площадок и разметки осевых или установочных рисок, определяющих положение объёмных блоков в плане.

При возведении 5 - этажных объёмно-блочных зданий ограничиваются вынесением на цокольную часть всех проектных осей для установки по ним объёмных блоков первого этажа. Последующие этажи возво-

дят с ориентированием объёмных блоков по нижестоящим блокам. Кроме того, периодически проверяют вертикальность отдельных рядов блоков и правильность их расположения относительно проектных осей.

При возведении 9 - этажных объёмно-блочных зданий осевые или установочные риски выносят на перекрытие каждого этажа.

Подготовка места, куда устанавливают объёмный блок, зависит от способа опирания блоков и конструкций горизонтальных стыков. Для блоков с опиранием по контуру, расстилают по периметру блока (рис. 121) полосу цементно-песчаного раствора марки 50, шириной  $100 \div 120$  мм. Четыре деревянных маяка, установленных вблизи углов по продольным сторонам блока, предотвращают выдавливание раствора и обеспечивают необходимую толщину его слоя, а также расположение блока на необходимой отметке.

Для блоков с опиранием по углам, устраивают опорные площадки из металлических пластин, набираемых до нужной высоты при нивелировке монтажного уровня (рис. 122). Цементно-песчаный раствор укладывают вокруг опорных площадок. По периметру блоков кладут пакеты, обернутые в синтетическую пленку плит из минеральной ваты или других изоляционных материалов.

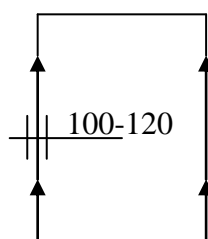


Рис. 121. Подготовка места установки блока

Различные блоки имеют смещенный центр тяжести, поэтому для монтажа используют балансирные траверсы (рис. 123).

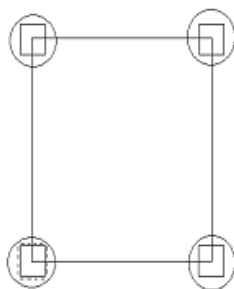


Рис. 122. Опираание блока по углам

Балансирные траверсы имеют устройства, позволяющие перемещать точку подвеса траверсы в зависимости от положения центра тяжести блока. Поднимают на  $20 \div 30$  см и выдерживают на весу для проверки прочности и правильности строповки. Для удерживания блока от вращения и поворотов во время подъёма используют верёвочную оттяжку, укреплённую на углу траверсы.

Процесс наведения завершается, когда над местом установки остаётся  $200 \div 300$  мм. После этого начинается процесс установки блока в проектное положение. Сначала блок ориентируют по наружной стене нижележащего блока или по установочным рискам и стене блока. Затем блок опускают до соприкосновения с опорными площадками, но не опирают его полностью. Далее по шаблону проверяют правильность установки блока по зазорам между устанавливаемым и ранее установленным блоком, вертикальность граней, соответствие наружной стены блока фасадной плоскости здания.

Доводочные перемещения монтируемого блока осуществляются в основном вручную. Установка торцевых блоков продолжается в  $2 \div 3$  раза больше, чем рядовых. Худшие условия работы. Два монтажника находятся на уже смонтированных блоках, а один внутри монтируемого блока.

Монтаж блоков с коммуникациями длится на  $20 \div 30$  % дольше, чем без коммуникаций.

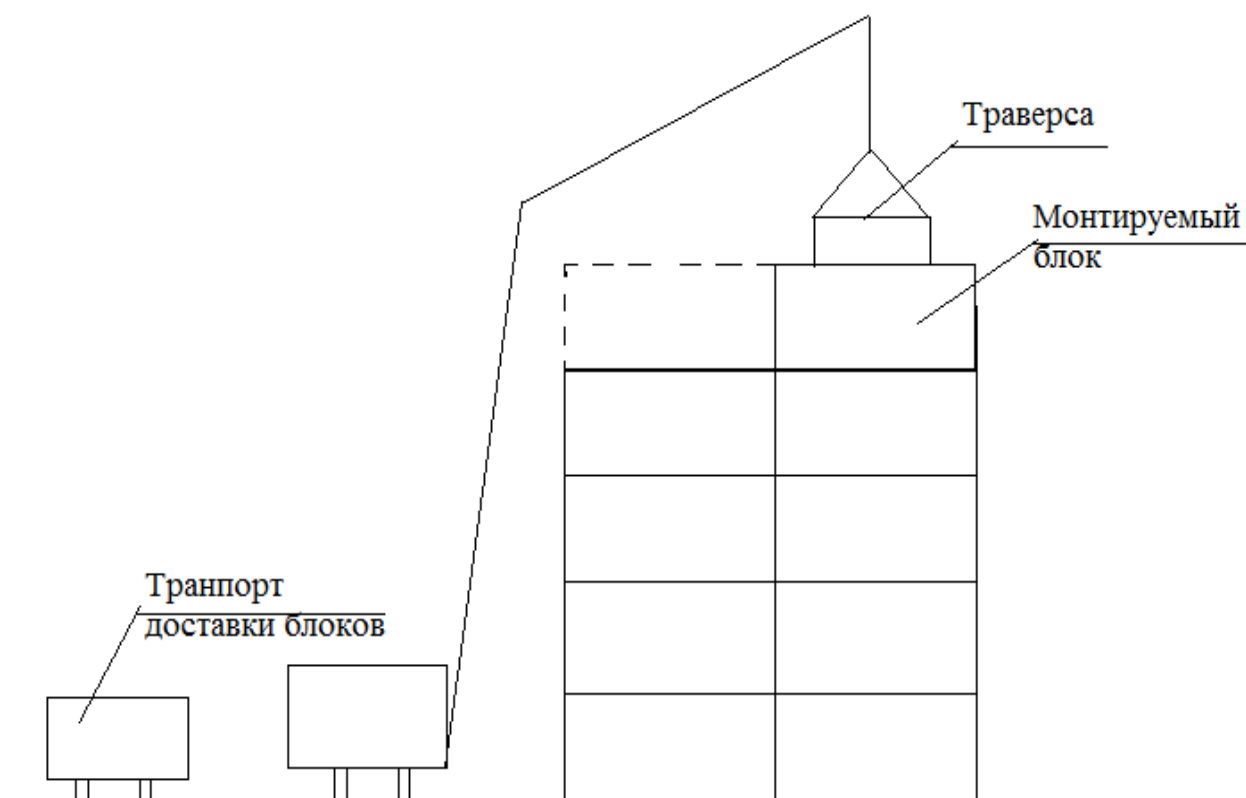


Рис. 123. Монтаж зданий из объемных блоков башенно-стреловым краном

В труднодоступных местах применяется транспортировка и последующая установка вертолётom. Возможна транспортировка железнодорожным транспортом при ограничении ширины блока до 3.2 м. На расстояние до 120 ÷ 150 км наиболее рационален автотранспорт. Применяется автопоезд по три блока (1-на платформу и 2 блока - на прицепной трейлер).

Практика показала, что монтаж одного блока с учетом соединения коммуникаций и замоноличивания узлов выполняется в среднем 20 ÷ 30 минут.

Сначала для монтажа объёмных блоков применялись только гусеничные краны, а затем башенные; возможно применение ползущего крана с установкой на монолитных лестнично-лифтовых узлах здания. Наиболее подходящим краном для монтажа объёмно-блочных зданий

высотой 9 ÷ 16 этажей является серийно выпускаемый башенный кран КБ-674 грузоподъемностью 10 ÷ 25 т и вылетом стрелы 35 ÷ 40 м.

Вес объемного блока примерно равен 16 т.

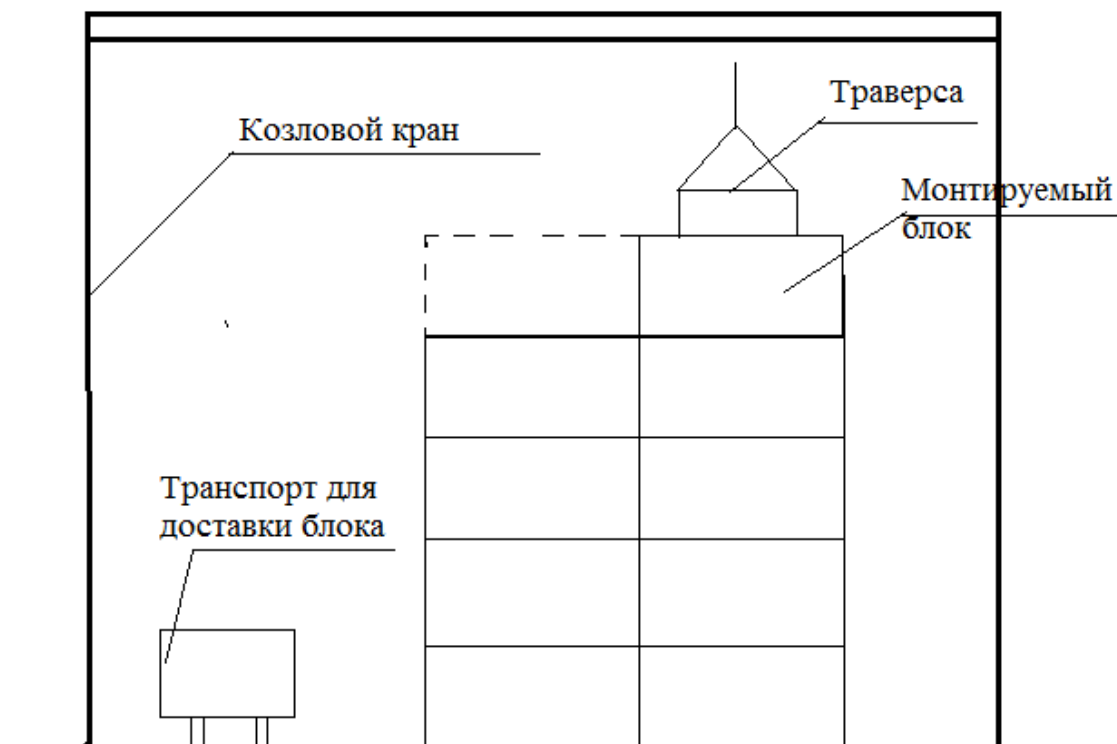


Рис.124. Монтаж зданий из объёмных блоков козловым краном

Для защиты от атмосферных осадков в процессе перевозки и монтажа применяется укрытие (инвентарная складная брезентовая кровля).

Для монтажных петель используется большое количество стали, поэтому можно применять клещевые захваты, опускаемые в специальные щели, устраиваемые в панели потолка.

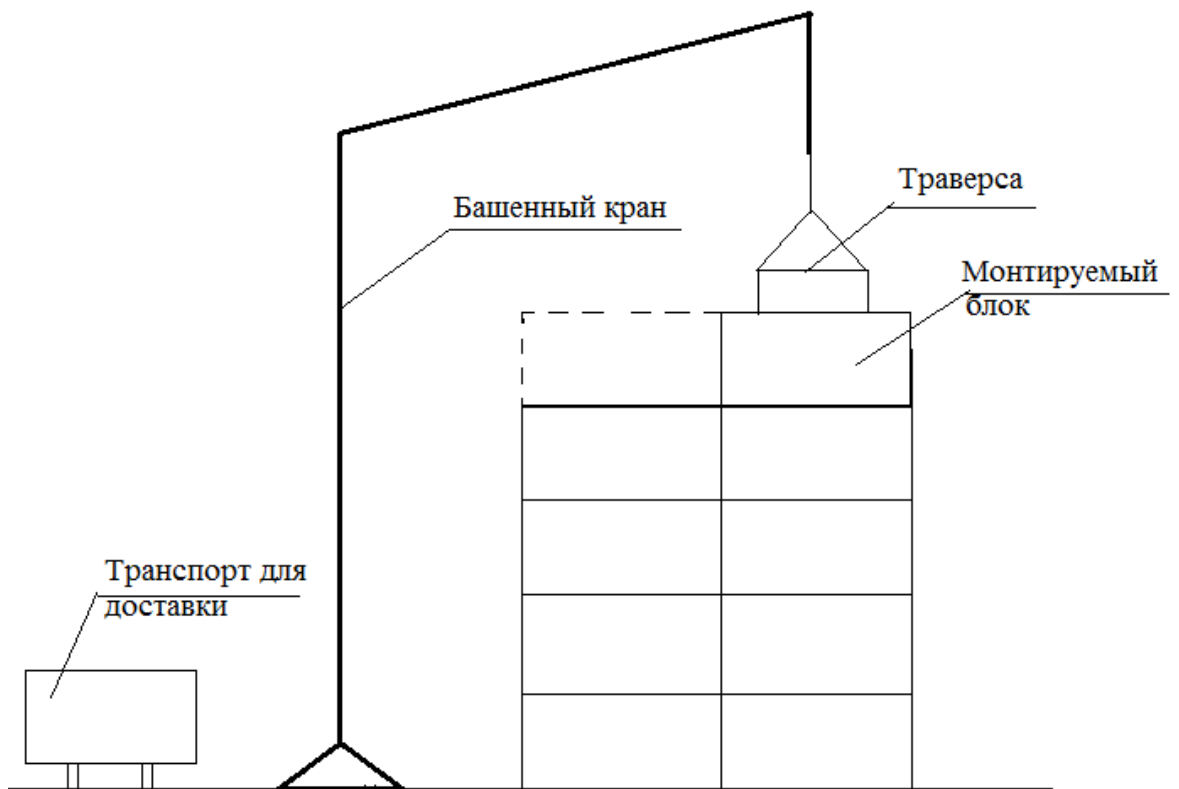


Рис.125. Монтаж зданий из объёмных блоков башенным краном

Изготавливаются новые блоки с перегородками, соединяющие в себе два типа блоков: «стакан» и «лежащий стакан».

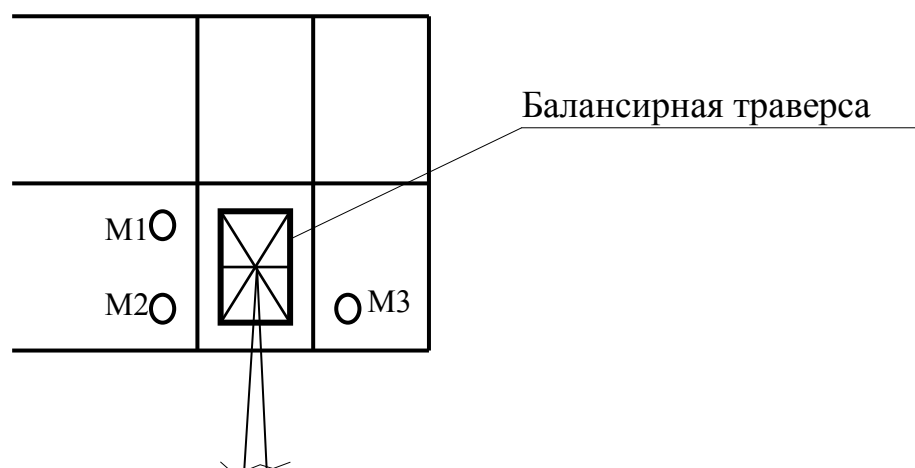


Рис. 126. Установка блока

## Лекция 3.5 Пространственные покрытия. Оболочки

### Пространственные покрытия

Пространственные покрытия позволяют перекрывать большие площади без промежуточных опор. К пространственным покрытиям относятся:

1. структуры;
2. оболочки (одинарной кривизны, двойкой кривизны, купола);
3. висячие покрытия (ванты, мембраны).

### Оболочки

Пространственные покрытия в виде оболочек состоят из тонких плит криволинейного очертания и контурных конструкций (бортовые элементы, опорные кольца, диафрагмы в виде балок, ферм, арок). В железобетонных оболочках эффективно используется работа бетона на сжатие благодаря работе конструкции в обоих направлениях. Поэтому, по сравнению с плоскими системами, затраты металла и бетона в них существенно меньше.

За рубежом тонкостенные пространственные покрытия возводят главным образом в виде монолитных конструкций с применением лесов и опалубки. В нашей стране преимущественно применяются сборные оболочки, которые впервые начали применять в 20-х годах прошлого века.

### Оболочки одинарной кривизны

Применяются для покрытий помещений прямоугольной формы в плане, могут быть цилиндрического или параболического очертания. К полугим оболочкам относятся оболочки с подъёмом поверхности не более  $1/5 \div 1/6$  доли любого размера (рис. 127).

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{5} \div \frac{1}{6}$$

Для монтажа покрытий одноэтажных промышленных зданий применяют типовые сводчатые панели типа КЖС размерами  $3 \times 12$ ;  $3 \times 18$ ;  $3 \times 24$  м,

толщиной 40 мм.

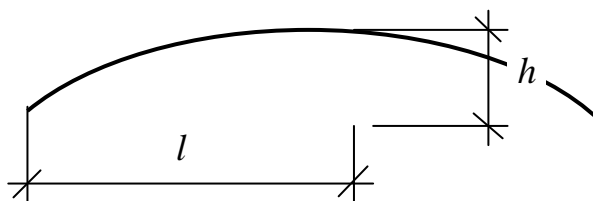


Рис. 127. Параметры оболочки

Короткими считают оболочки, у которых панели перекрывают пролёт здания (рис. 128). Оболочки опираются на бортовые элементы (подстропильные фермы), железобетонные или металлические. У коротких оболочек отношение  $l_1 / l_2 < 1$ ; размеры плит  $3 \times 18$ ,  $3 \times 24$  м.

Монтаж подстропильных ферм и плит оболочки ведётся одним потоком при движении крана вдоль пролёта.

После сборки оболочки из отдельных плит она работает как одна плита, так как производится сварка выпусков арматуры между плитами и контурными элементами, а также заделка стыков бетоном.

Длинные оболочки выполняются из плит КЖС размером  $3 \times 12$ ,  $3 \times 18$  м. В длинных оболочках отношение  $l_1 / l_2 > 1$  (рис. 130). При монтаже панелей кран может двигаться поперёк или вдоль пролёта в зависимости от его грузоподъёмности. Первыми устанавливают три контурных элемента, перед монтажом последней панели устанавливают четвёртый контурный элемент.

Если длина панели больше 12 м, то сборка может производиться на стенде у места монтажа из отдельных панелей  $3 \times 6$  м (рис. 129) с временной затяжкой.

Для придания сборным элементам необходимой прочности и жёсткости на период изготовления, перевозки и монтажа их обычно снабжают бортовым окаймлением по контуру. В этом случае оболочка получается ребристой.

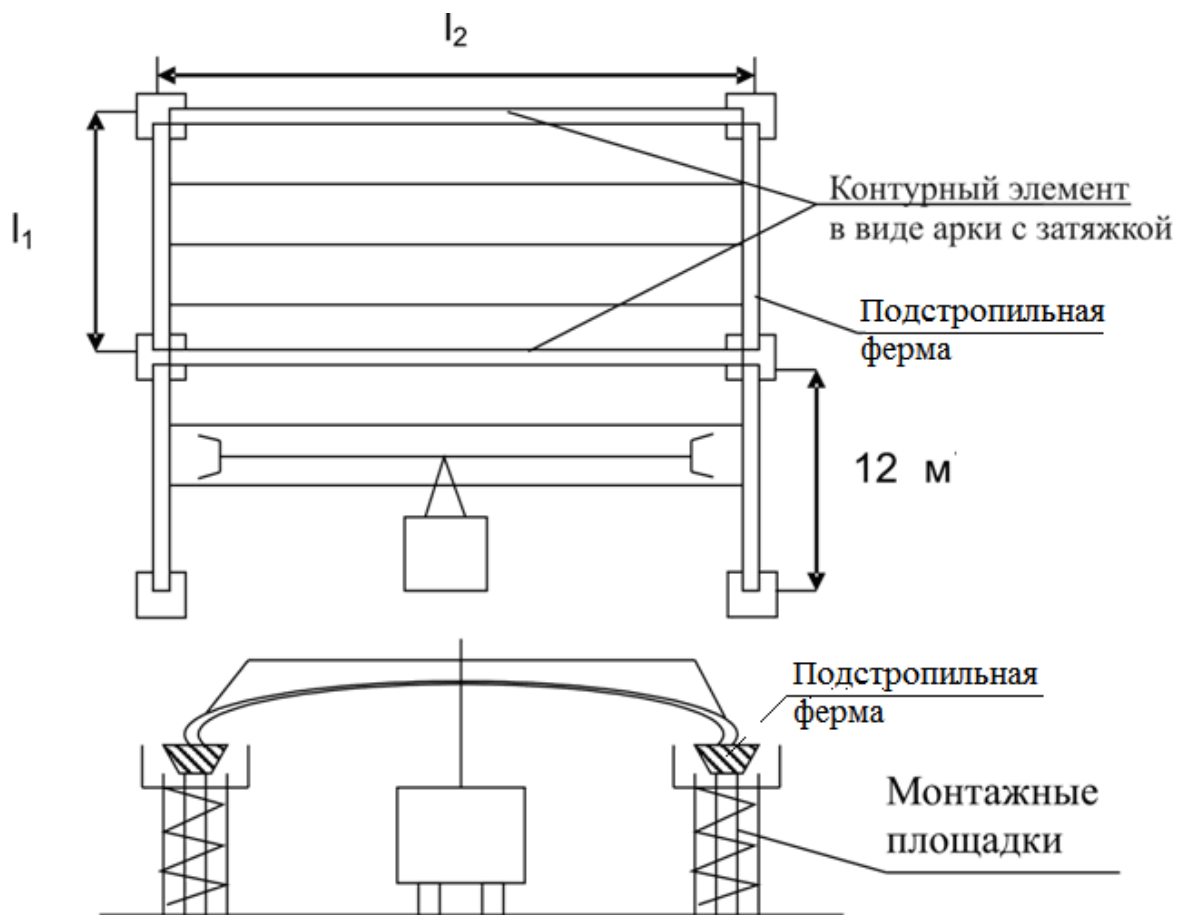


Рис. 128. Монтаж коротких оболочек

Края плит вдоль монтажных разрезов можно не усиливать рёбрами, тогда во время перевозки, монтажа и твердения бетона в швах безрёберные края элементов укрепляют съёмными металлическими траверсами.

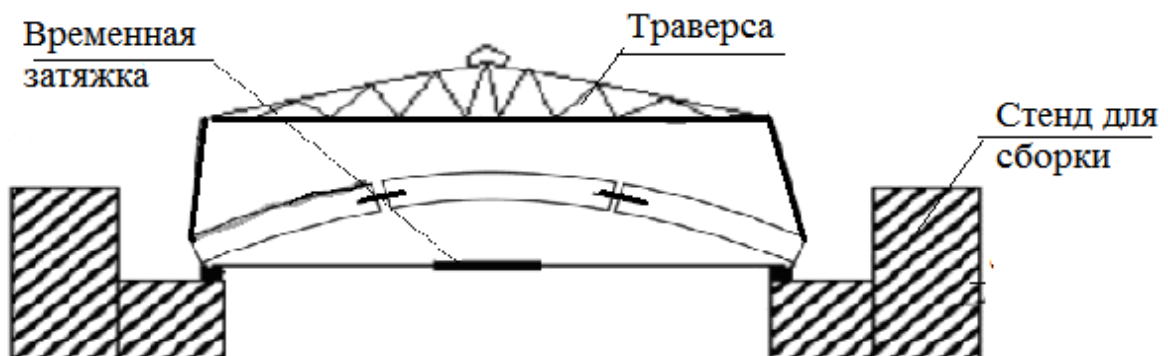


Рис. 129. Стенд для сборки плиты оболочки из отдельных элементов

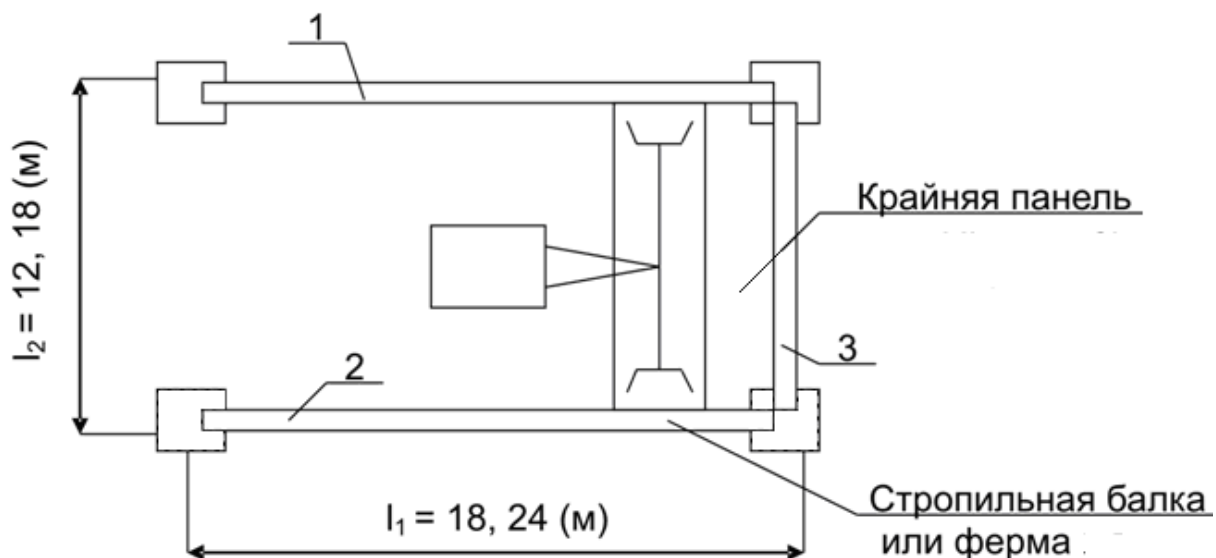


Рис. 130. Монтаж длинной оболочки: 1, 2, 3 – порядок монтажа контурных элементов

### Складчатые конструкции

Для пространственных покрытий применяются складки шириной от 2,5 до 7,5 м, длиной до 40 м, толщиной 30 ÷ 79 мм, угол наклона плит 30° (рис. 131).

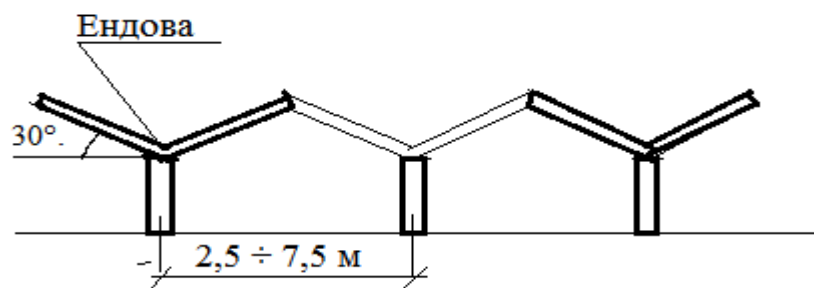


Рис. 131. Схема складчатых конструкций

Железобетонные складки из двух спаренных плит транспортируются в сложенном виде: вертикально или горизонтально (в зависимости от изготовления).

Монтаж складок ведётся с транспортных средств без кружал и вспомо-

гательных устройств. Длина складки ограничена условиями транспортировки. Первую складку монтируют на вспомогательных подпорках.

Для строповки используют траверсу, длина стропов которой должна соответствовать ширине складки (рис. 132). При монтаже плиты раскрываются так же, как рояльные петли.

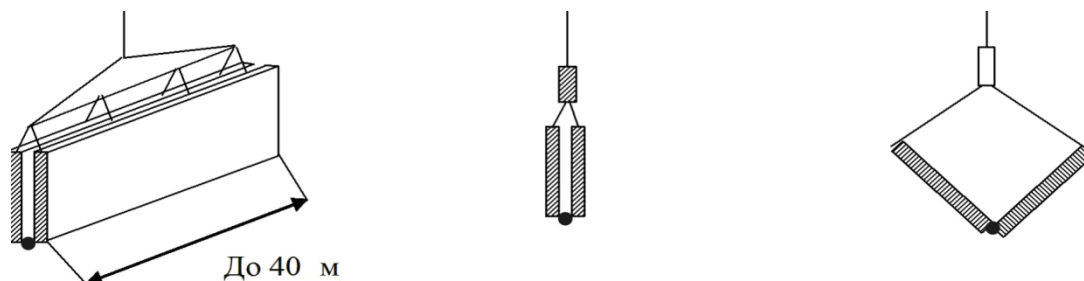


Рис. 132. Стрповка складок

Складку, находящуюся в сборке, закрепляют распорками с винтовой стяжкой (рис. 133). Арматуру связывают или сваривают в коньке также, как и в жёлобе: стыки замоноличивают высокопрочным быстротвердеющим бетоном. После схватывания бетона, траверсы и распорки используют для монтажа другой складки.

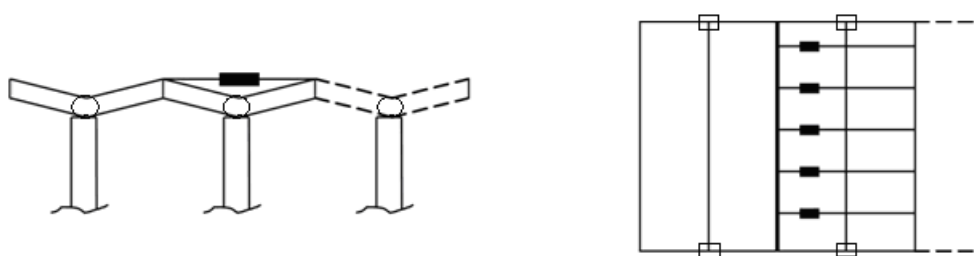


Рис. 133. Временное крепление складок

Недостатком складчатых конструкций является сложность изготовления и транспортировки.

## **Оболочки двоякой положительной или отрицательной кривизны**

Поверхность тонкостенной оболочки двоякой кривизны образуется путём перемещения кривой кругового, параболического или эллиптического очертания по другой кривой. По контуру оболочки располагаются диафрагмы жёсткости (для оболочек двоякой кривизны все четыре- криволинейного очертания). Для промышленных зданий чаще применяют оболочки положительной кривизны, для гражданских зданий (выставочных павильонов, зрительных залов) положительной и отрицательной. У нас в стране в основном проектируются сборные (из криволинейных элементов). Сборные оболочки двоякой кривизны по сравнению с плоскими системами в покрытиях пролётом  $30 \div 36$  м позволяют снизить расходы бетона на  $25 \div 30$  % , стали на  $15 \div 20$  %. При увеличении пролётов эти преимущества возрастают, но вместе с тем возрастают трудоёмкость и стоимость монтажа.

### **Монтаж оболочки двоякой кривизны с помощью кондуктора**

Монтаж оболочек с помощью кондуктора ведётся индустриально, без особых затруднений (рис. 134). Размеры кондуктора в плане равны размерам монтируемой оболочки, уменьшенным на 6 м. Верхнее строение кондуктора, повторяющее очертание оболочки, состоит из множества ферм и криволинейных прогонов. Нижнее строение предназначено для опирания, подъёма и опускания кондуктора. Оно состоит из четырёх опор, двух продольных связей, четырёх электролебёдок и инвентарных рельсовых путей. Каждая опора снабжена винтовыми домкратами (для раскружаливания). После окончательной выверки трубчатые стойки кондуктора раскрепляются к колоннам здания. Удобство и безопасность ведения работ при монтаже и заделке стыков оболочек обеспечивают рабочие площадки, подвешенные к прогонам и соединённые между собой ходовыми мостиками.

Раскружаливание и опускание верхнего строения кондуктора производится после набора бетоном стыков 70 %-ной прочности. Кондуктор, приве-

дѣнный в положение для перемещения, лебѣдками перемещают под следующую оболочку по рельсам, установленным в пролете.

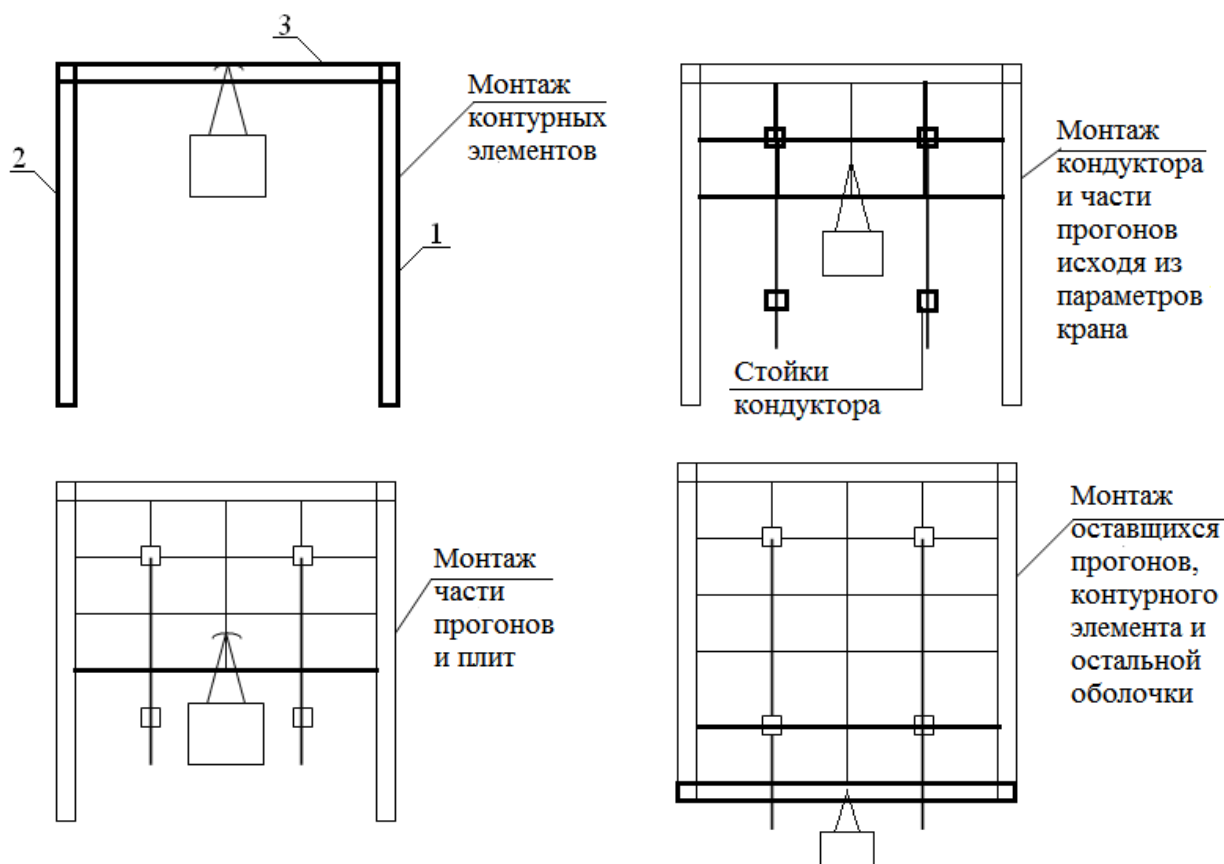


Рис. 134. Монтаж оболочки двоякой кривизны с кондуктором

Сборка ведѣтся из плит размерами 2.4×2.4, 3×3, 6×6 (3×6) м. Оболочки 24×24, 30×30, 36×36 м. Монтаж ведѣтся несколькими кондукторами (2 ÷ 3) для исключения простоев монтажного крана. Во время набора прочности на одном кондукторе производится перемещение второго кондуктора.

### **Монтаж оболочек двоякой кривизны без кондуктора**

Монтаж оболочки двоякой кривизны размерами 18×24 м (рис. 135) производится в следующей последовательности:

1. монтаж трёх контурных ферм, с креплением их подкосами, при помощи самоходной вышки и универсальной коньковой опоры;

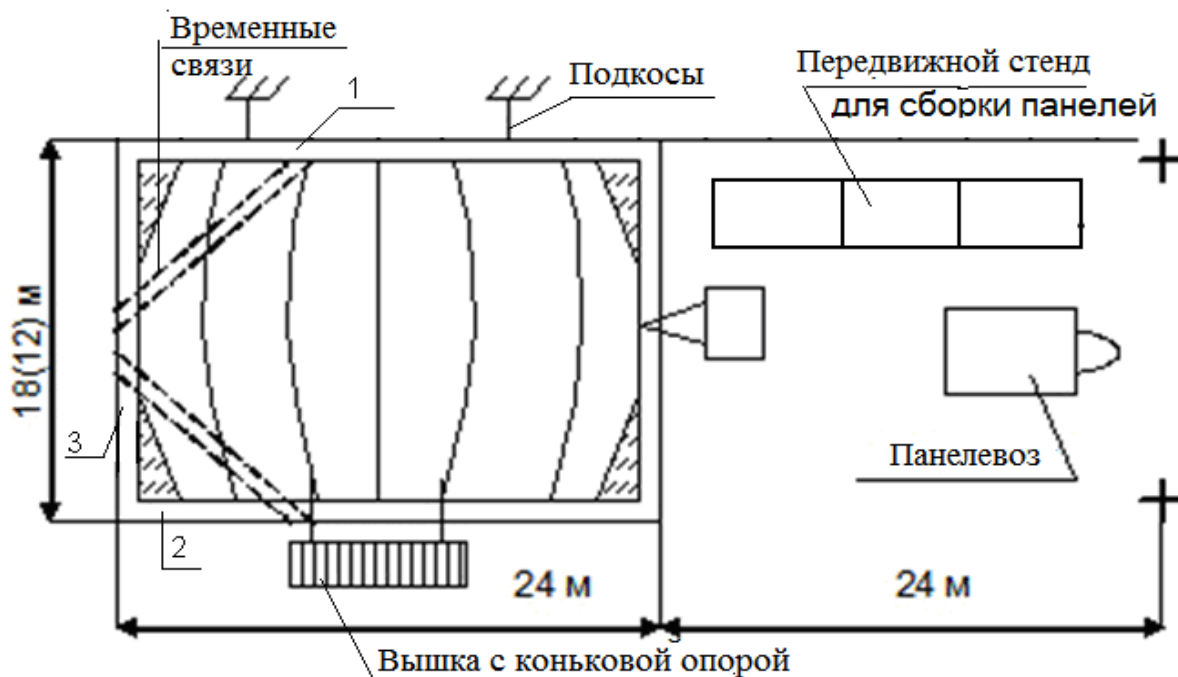


Рис. 135. Монтаж оболочки размерами 18×24 м без кондуктора

2. предварительное укрупнение из трёх плит размерами 3×6 м;
3. последнюю контурную ферму устанавливают перед монтажом последней плиты.

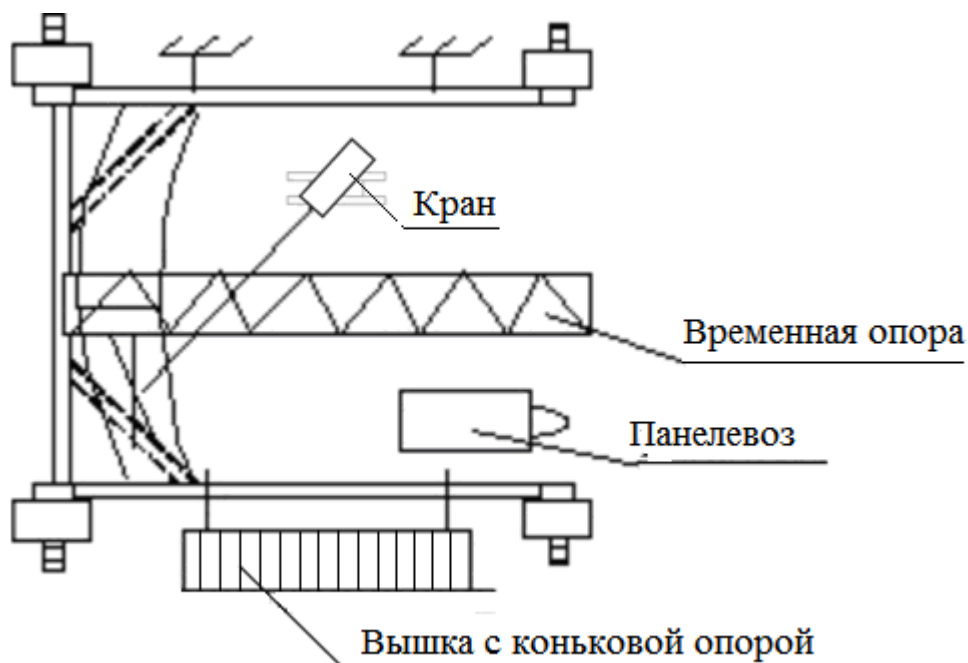


Рис. 136. Монтаж оболочки с центральной временной опорой

После сварки всех элементов снимают временные крепления и заделывают стыки; для подачи раствора на покрытие используют различные типы растворонасосов или пневмонагнетателей.

Монтаж оболочки 24×24 м без кондуктора ведётся с установкой временной опоры по центру конструкции (рис. 136).

Временная опора снабжена домкратными устройствами для выверки монтируемых панелей в месте соединения. Монтажный кран передвигается с одной стороны временной опоры, а панели подвозят с другой стороны.

Раскружаливание производится после установки всех плит, сварки стыков, замоноличивания и набора прочности.

### **Возведение зданий с купольными покрытиями**

Железобетонные купола (оболочки вращения) состоят из железобетонной оболочки, собираемой из отдельных плит криволинейного очертания, опирающихся на внутреннее и наружное опорные кольца. Внутреннее кольцо обычно металлическое, так как оно работает на растяжение, а наружное железобетонное.

По конструктивному решению делятся на ребристые и гладкие купола.

Ребристые купола, состоящие из радиально расположенных криволинейных рёбер, нижним концом опираются на наружное опорное кольцо, а верхним – на внутреннее кольцо. По радиальным рёбрам укладывают криволинейные прогоны, образующие концентрические кольца, по прогонам монтируют плиты. Безребристые (гладкие) купола монтируют без системы радиальных рёбер и прогонов непосредственно из плит, соединяемых между собой по кольцевым и радиальным швам.

Конструкции куполов перекрывают спортивные залы, выставочные павильоны, рынки, цирки, планетарии и т.д. Купола отличаются особенно благоприятными условиями пространственной работы. По расходу материала они экономичней других пространственных покрытий.

Монтаж куполов ведётся башенными или гусеничными кранами с башенно-стреловым оборудованием. Кран перемещается вокруг купола по кольцевым путям (если радиус составляет не менее 120 м). Под внутреннее кольцо устанавливают подмости с домкратной установкой для раскружания. Иногда в качестве временной опоры используют башенный кран или монтируют оборудование крана на временной опоре.

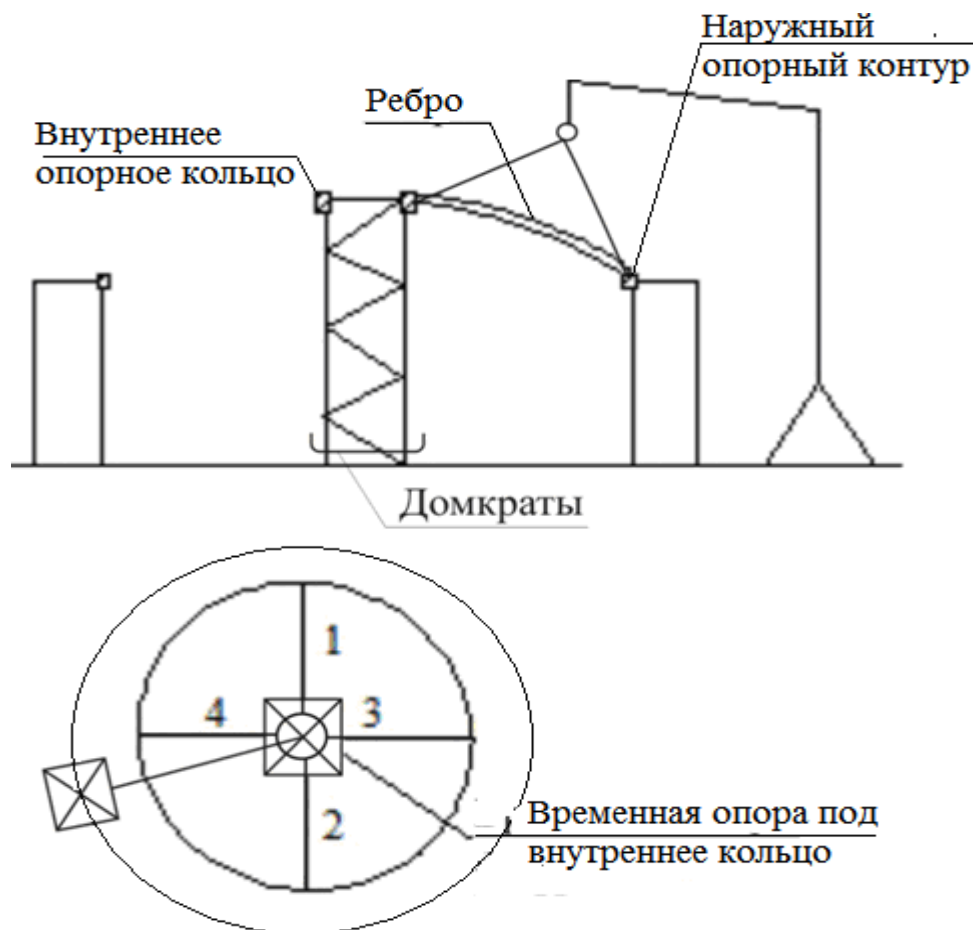


Рис. 137. Монтаж ребристого купола: 1, 2, 3, 4 – порядок заполнения окружности купола

Ребристые купола монтируют с применением башенной временной опоры, располагаемой по центру купола. Монтаж начинают с установки на опоре верхнего опорного кольца купола. После выверки кольца монтируют

укрупнённые на всю длину рёбра купола.

Если жёсткость рёбер мала, монтаж ведут блоками по два ребра вместе с распорками, прогонами и связями. Окружность купола заполняют равномерно (рис. 137).

### Монтаж гладких куполов из блоков плит

Монтаж гладких пологих куполов ведётся на временной опоре из блоков плит (для пологих куполов) (рис. 138).

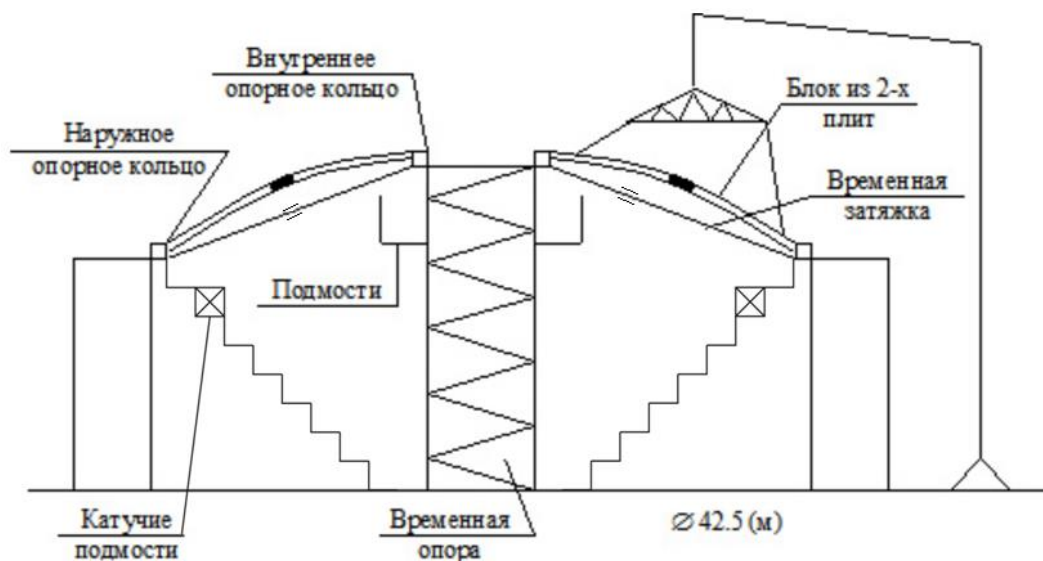


Рис. 138. Монтаж куполов блоками из плит на всю высоту

Затяжку и временную опору снимают после сварки между плитами и опорными кольцами, заделки стыков и набора 70 %-ной прочности бетоном.

### Монтаж куполов с применением фермы-кондуктора

Монтаж с применением фермы-кондуктора (шаблона) ведётся навесным способом последовательной сборкой кольцевых поясов (рис. 139).

Купол состоит из нескольких горизонтальных ярусов (10 ÷ 15). Все кольца (ярусы) собирают из однотипных железобетонных панелей. Панели монтируют башенным краном, установленным в центре здания. Шаблон переставляют после крепления каждой панели.

Временное крепление панелей каждого яруса осуществляют при помощи инвентарного приспособления в виде монтажной стойки с оттяжками и стяжной муфтой. Число таких приспособлений зависит от числа панелей в кольце каждого яруса. Работы производят с инвентарных подмостей, установленных снаружи купола.

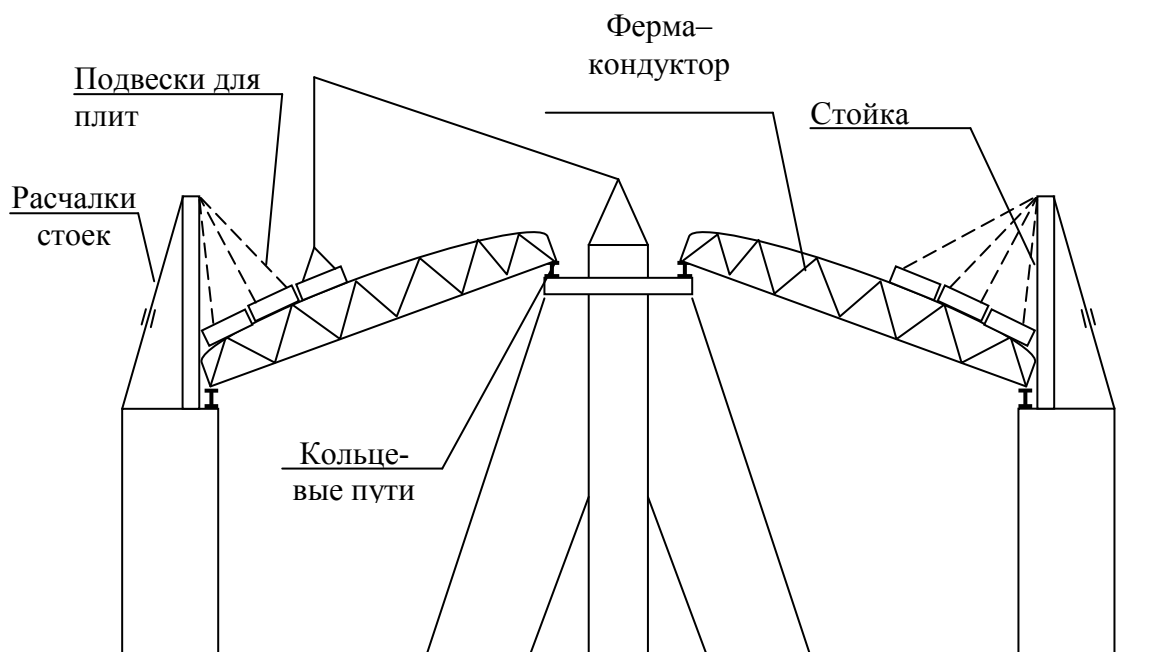


Рис. 139. Монтаж куполов с применением фермы-кондуктора

Смежные панели соединяют между собой болтами. Швы между панелями заделывают цементным раствором. По верхней кромке собираемого кольца (яруса) устраивают железобетонный пояс, монтаж следующего яруса начинают после набора 70 %-ной прочности бетоном монолитного пояса.

### **Монтаж куполов навесным способом**

Монтаж куполов навесным способом (для сферических куполов) ведётся по ярусам. После монтажа всех панелей одного яруса и закрепления их к стойкам производится сварка плит между собой, заделка стыков и устройство монолитного пояса по верху яруса (рис. 140).

После набора прочности бетоном монолитного пояса снимают все эле-

менты временного крепления, так как смонтированный элемент купола становится устойчивым. Опорные стойки переносят и приступают к монтажу следующего яруса.

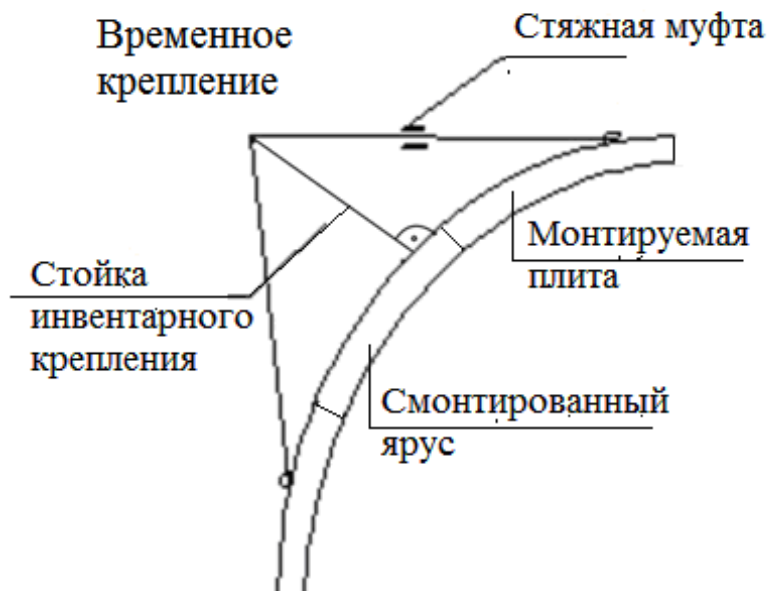


Рис.140. Монтаж куполов навесным способом

Монтажные площадки устанавливают горизонтально с помощью подкоса с отверстиями для изменения угла. Для крепления временных приспособлений в плитах устанавливают закладные детали.

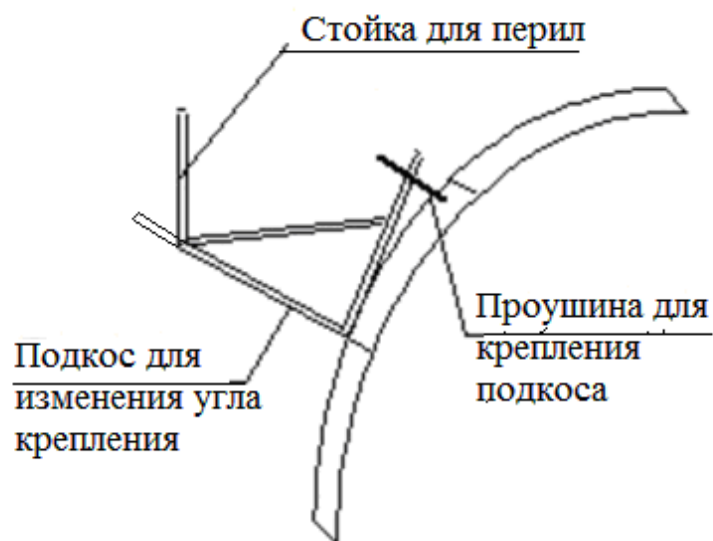


Рис.141. Устройство монтажных площадок

### **Лекция 3.6 Мембранные покрытия**

Мембранные покрытия представляют собой висячую систему в виде предварительно напряженной стальной мембраны толщиной  $2 \div 6$  мм, натянутой на железобетонный или металлический опорный контур. Опорный контур может быть в виде овала, кольца, прямоугольника. Он опирается на колонны или наклонные арки.

Мембрана совмещает в себе несущие и ограждающие функции. Характер работы в покрытии на двухосное растяжение позволяет перекрывать 200-метровые пролёты стальной мембраной толщиной 2 мм.

Достоинством мембранных покрытий является высокая технологичность их изготовления и монтажа. Как правило, мембрану укрупняют на заводе, сваривая в полотнища шириной  $6 \div 9$  м. Такое полотнище сворачивают в компактные рулоны диаметром до 2.5 м и массой  $7 \div 8$  т для транспортирования на площадку.

#### **Подъём мембраны, собранной на земле**

Монтаж состоит из следующих видов работ:

- 1) сборка мембраны;
- 2) подъём на проектную высоту;
- 3) формообразование мембраны в процессе подъёма.

Сборка производится из укрупнённых диагональных полос и лепестков мембраны. Сварка лепестков производится с нахлёстом 50 мм. Для подъёма используют электромеханические подъёмники, установленные на балки, опирающиеся на опорный контур. К винтовым ттягам подъёмников с помощью балансирных траверс подвешивают цапфы-захваты, приваренные к диагональным элементам мембранного покрытия (рис. 142).

Направляющими для захватов служат монтажные колонны, установленные в углах. Цапфы-захваты оборудованы ползунами, которые скользят по рельсам угловых монтажных колонн (рис. 143).

Покрытие поднимают циклами, в конце каждого цикла покрытие временно прикрепляют к монтажным колоннам и освобождают подъёмники.

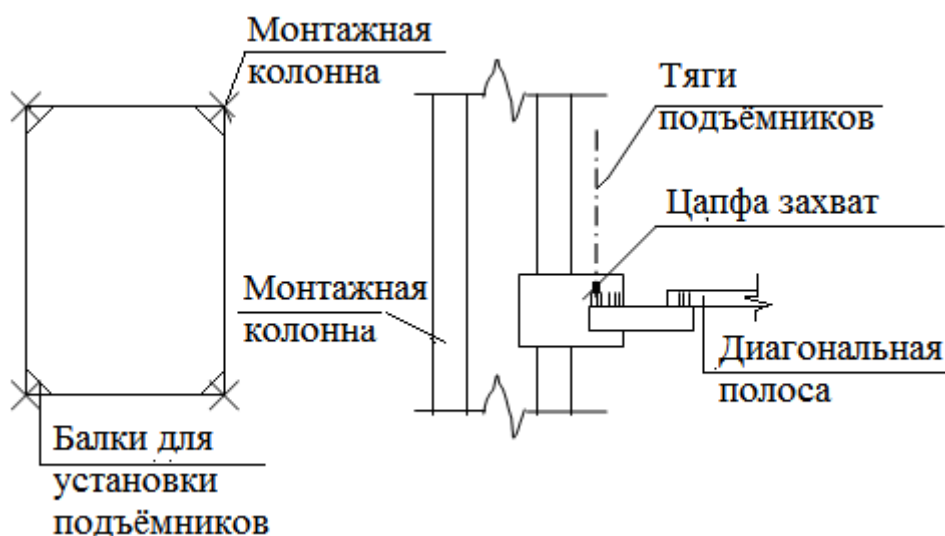


Рис. 142. Схема установки монтажных колонн

При сборке, для исключения волнистости (хлопунов), каждую полосу предварительно натягивают винтовым натяжным устройством.

Формообразование мембранного покрытия, т.е. получение проектных прогибов в контрольных точках осуществляют путём раскрытия щели между элементами диагональных полос.

В процессе подъёма, во избежание хлопков при ветровых нагрузках, мембранное покрытие удерживают оттяжками из канатов, связанных с барабанами лебёдок.

Поднятое покрытие прикрепляют к опорному контуру, приваривая арматурные стержни к закладным деталям контура и диагональным элементам мембраны. Узел закрепления бетонируют. После набора 100%-ной прочности бетоном узла, монтажные колонны демонтируют. Покрытие универсального спортзала в Измайлово выполнено мембраной размерами 59×65 м.

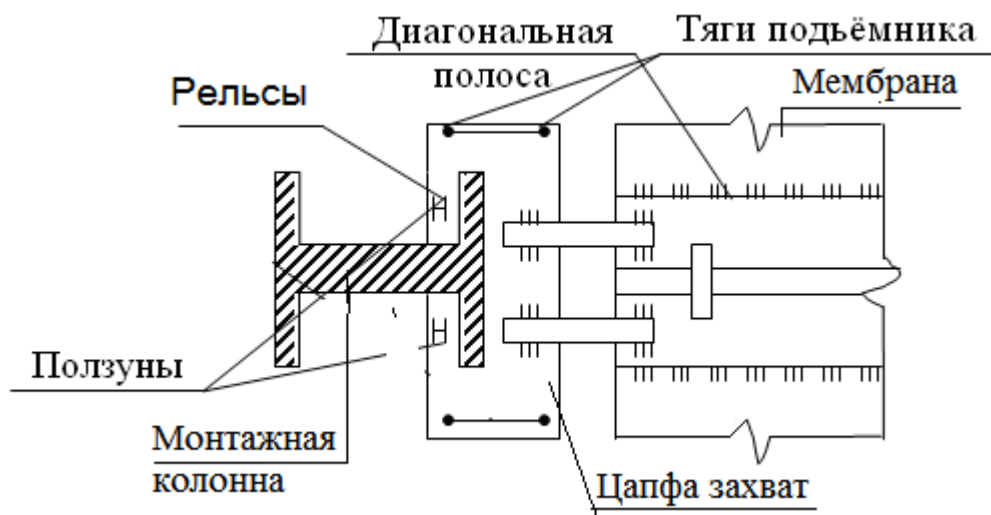


Рис. 143. Схема подъёма мембраны

### Подъём лепестков мембраны с помощью полиспастов

Направляющие и прогоны монтируют укрупнёнными блоками из двух направляющих и прогонов (при помощи полиспастов).

За пределами опорного контура устанавливают стенд с рольгантом (устройством для разворачивания рулона мембраны). Свободный конец рулона крепят специальной траверсой к полиспасту, прикреплённому к внутренней опорной арке. Через вращающийся барабан, укреплённый на наружной арке, мембрану подают на кровлю, притягивают к внутренней арке и закрепляют в проектное положение (рис. 144, 145).

Последующие полосы мембраны аналогичным образом перемещают на уже смонтированную центральную полосу, а затем смещают влево и вправо тяговыми лебёдками. Направляющие выполнены из полос стали 630×6 мм. Прогоны выполнены из швеллера.

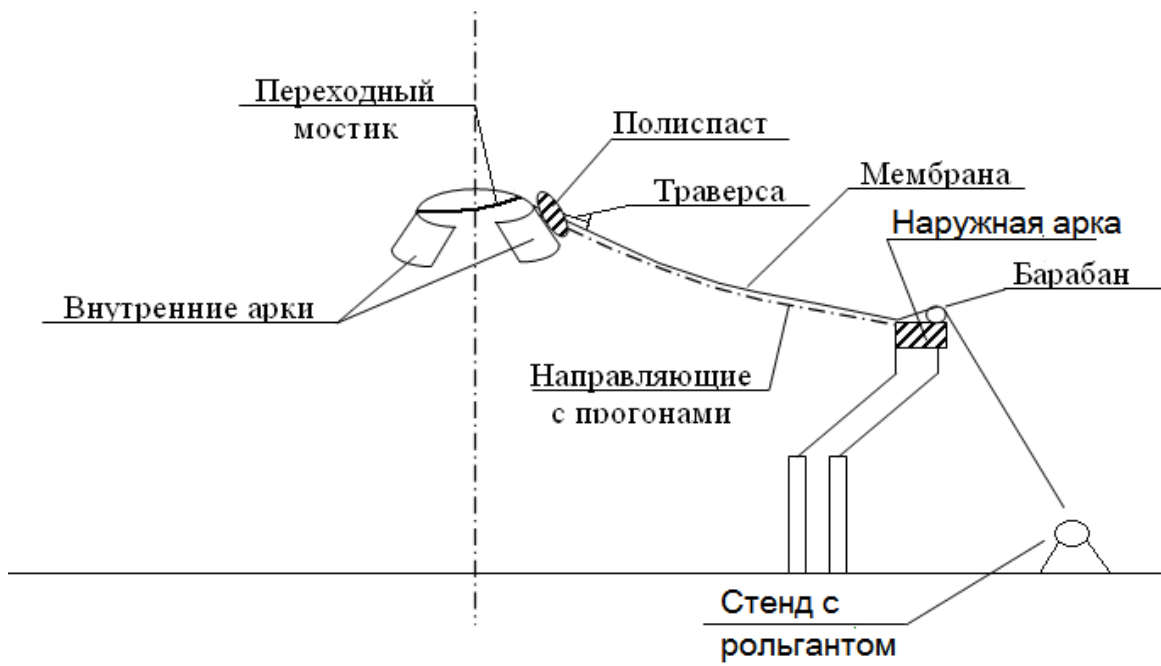


Рис. 144. Подъём лепестков мембраны полиспастами в разрезе

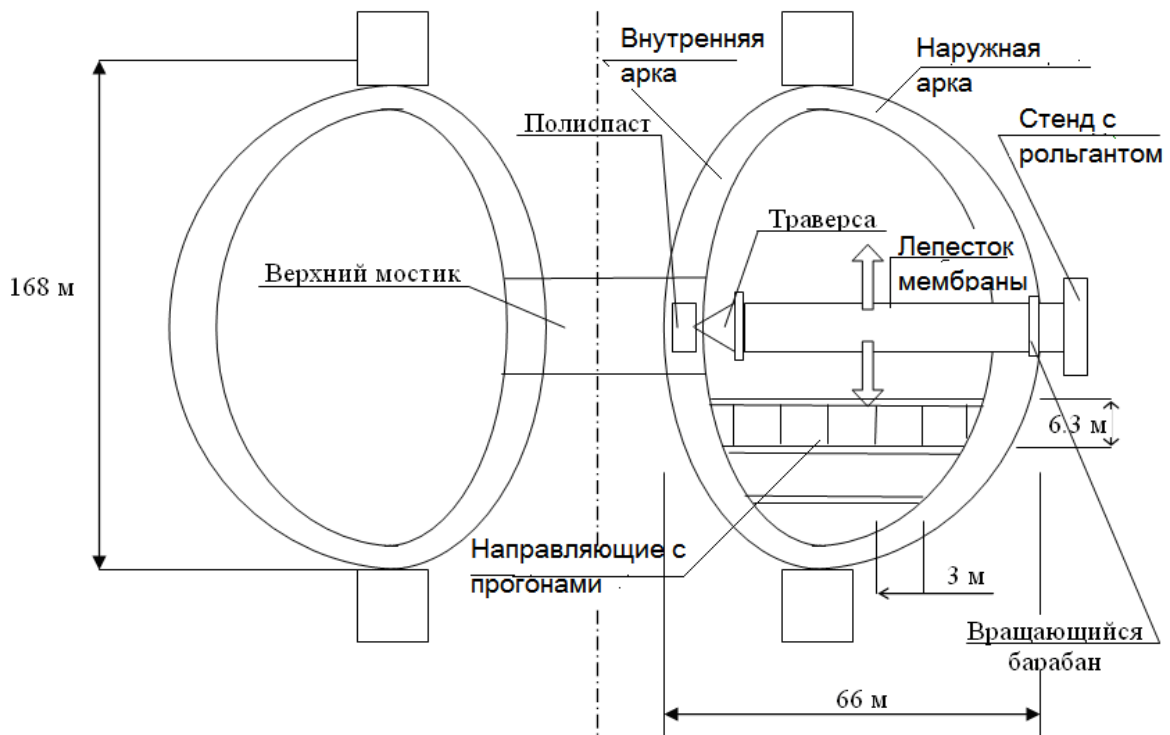


Рис. 145. Подъём лепестков мембраны полиспастами в плане

## Монтаж мембраны краном с разворачиванием рулона на монтажной высоте

Для придания жёсткости покрытию используют стабилизирующие фермы. Они прикрепляются к стабилизирующему кольцу, подвешенному к мембране и колоннам, поддерживающим опорный контур.

Для монтажа мембраны используют башенный кран, передвигающийся по кольцевым путям (рис. 146). Для монтажа ферм используют гусеничный кран, установленный внутри сооружения. Под внутреннее опорное и стабилизирующее кольцо устанавливают временные опоры. Монтаж ферм ведётся с соблюдением равномерности заполнения. По фермам монтируют радиальные элементы для опирания лепестка мембраны. Рулон мембраны на барабане подаётся на наружный контур и раскатывается с натяжением спомощью лебёдки. При натяжении и раскатке лист перемещается по роликам, закреплённым к кольцевым прогонам. Все работы проводятся с катучих подмостей.

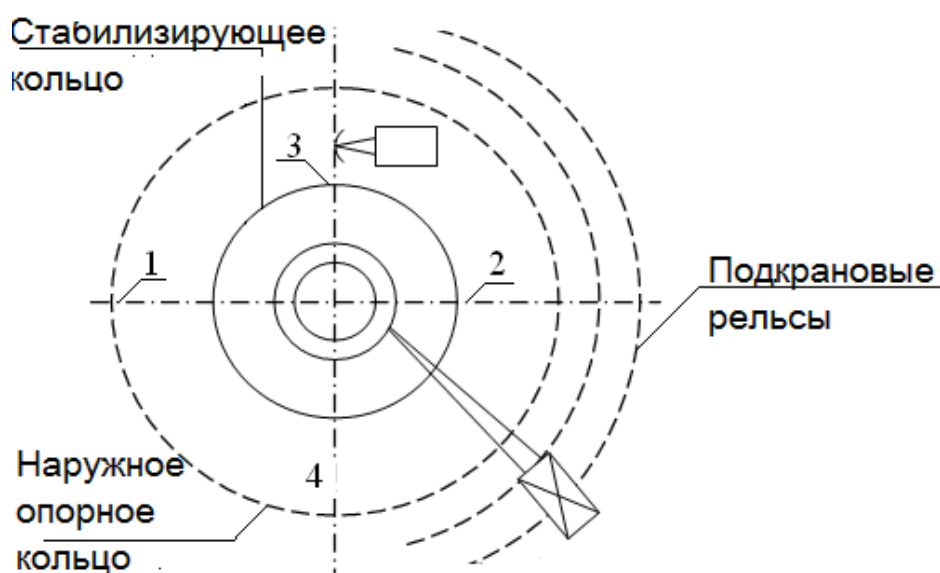


Рис. 146. Монтаж стабилизирующих элементов

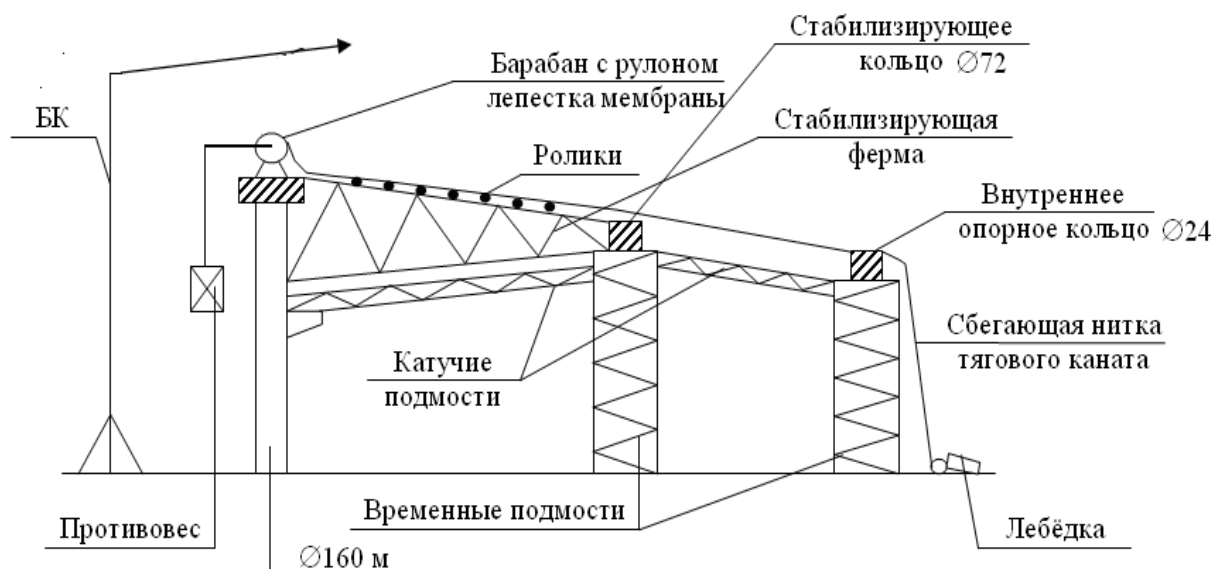


Рис. 147. Монтаж мембраны с разворачиванием на высоте

### Подъём кранами отдельных лепестков мембраны

Покрытие заполняют блоками из стабилизирующих ферм, оставляя монтажные проёмы, через которые производится подъём лепестков. Рулоны лепестков раскатываются на стенде у места подъёма. Поднимают и устанавливают в том же порядке, что и блоки ферм. В последнюю очередь монтируют блоки ферм, закрывающие монтажные проёмы. Последний лепесток мембраны, предварительно поднятый на покрытие, сдвигают в проектное положение с помощью лебёдок.

Натяжение мембраны производится гидродомкратами со стороны временной опоры. Монтаж ведут башенным краном, установленным в центре, и двумя шеврами-установщиками. По наружному контуру установлены рельсовые пути для движения шевра. Готовый блок ферм, или лепесток мембраны, поднимают краном и шевром на 1 м выше опорного кольца, затем шевр перемещается по рельсам к месту установки, при этом башенный кран разворачивается, одновременно уменьшая вылет (рис. 128). Для подъёма блоков используют пространственную траверсу-распорку (рис. 129).

Блок ферм можно монтировать с лепестком мембраны, если позволяет грузоподъёмность кранов.

Ширина опорного кольца – 5 м, высота – 1.75 м. Опорное кольцо выполнено из железобетона в стальном корпусе.

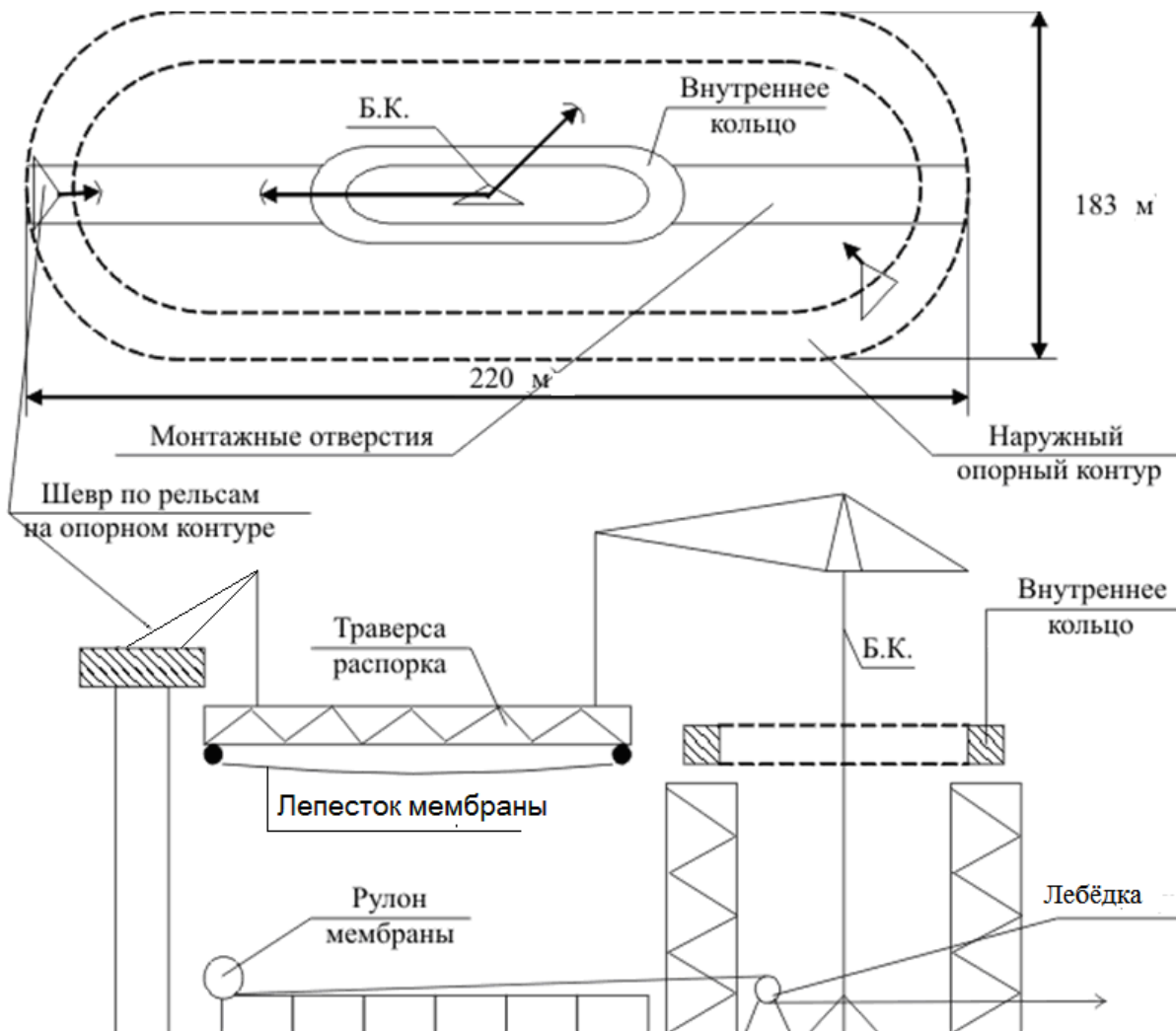


Рис. 148. Монтаж мембраны подъёмом отдельными лепестками

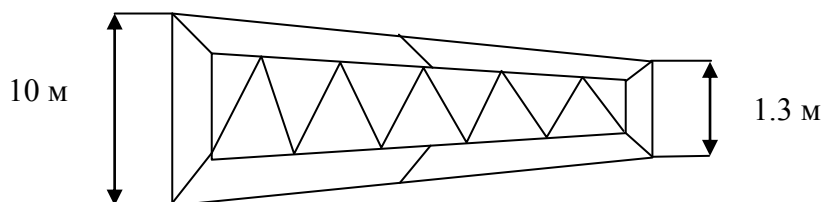


Рис. 149. Траверса для подъёма лепестка мембраны

### Лекция 3.7 Вантовые покрытия. Структуры

Вантовые покрытия являются разновидностью висячих и состоят из системы вант (стальных тросов), опирающихся на массивные железобетонные опорные конструкции (рис. 150).

В благоприятных грунтах допускается незамкнутый опорный контур (например, в конструкциях мостов).

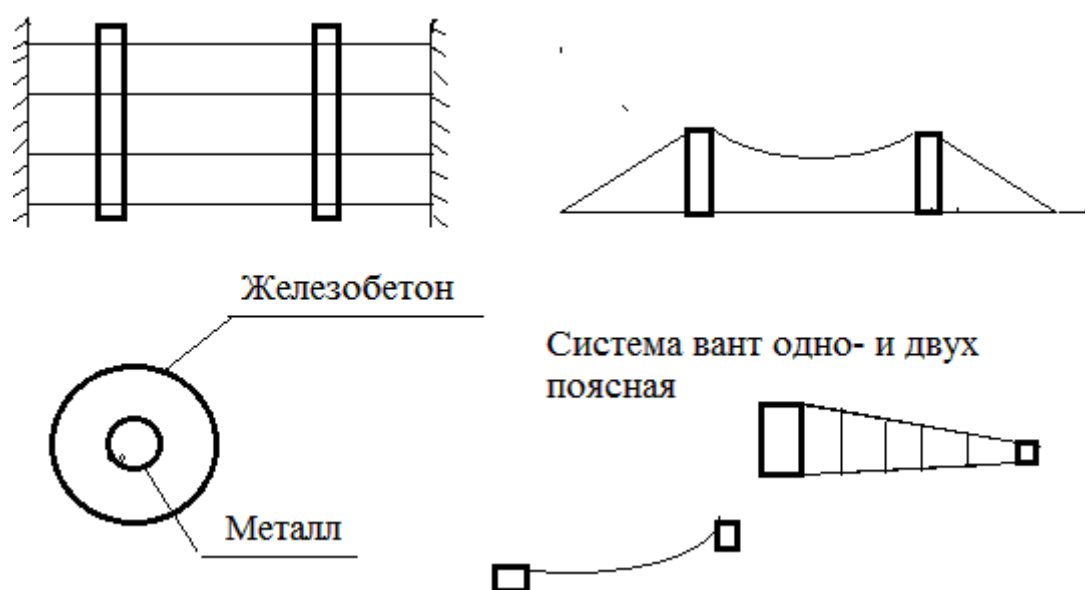


Рис. 150. Схемы вантовых покрытий

Наиболее эффективно применение пространственных висячих систем при замкнутом опорном контуре, причём более целесообразна круглая в плане форма.

Применение вантовых покрытий даёт сокращение расхода материалов и снижение трудоёмкости при перекрытии больших пролётов.

При укладке по системе вант сборных железобетонных плит получается разновидность железобетонной оболочки. После проектного натяжения вантовой сети и замоноличивания швов между плитами и вантами оболочка работает как единая монолитная конструкция.

## Монтаж покрытия с ортогональным расположением вант

Вантовая сеть с ортогональным расположением вант состоит из системы продольных и поперечных вант. В опорном контуре ванты закрепляют с помощью анкеров, позволяющих производить натяжение. Каждую ванту с помощью крана устанавливают на место в два приёма. Сначала с помощью крана один её конец, снятый с барабана, траверсой подают к месту установки (рис. 152). Анкер ванты протягивают сквозь закладную деталь в опорном контуре, потом закрепляют и раскатывают на барабане оставшуюся часть ванты. После этого двумя башенными кранами поднимают ванту до отметки опорного контура. Ванты поднимают вместе со специальными подвесками и контрольными грузами для последующей геодезической выверки (рис. 151).

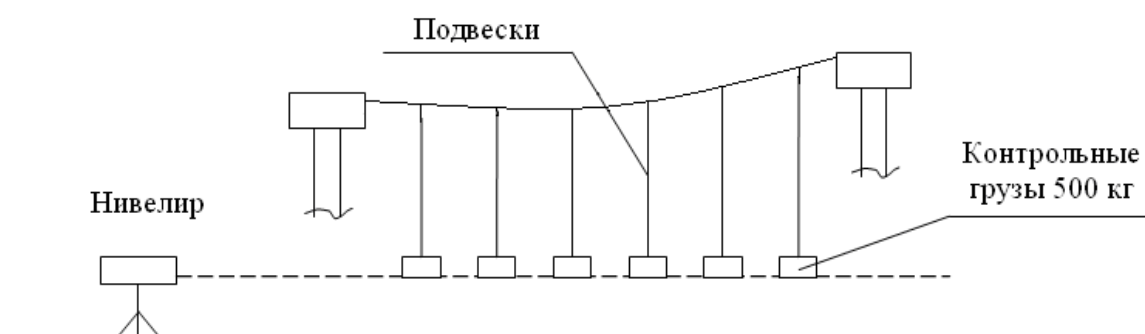


Рис. 151. Выверка вантовой сети

По окончании монтажа продольных вант и предварительного натяжения выполняют геодезическую поверку их положения путём определения координат точек вантовой сети. Контрольные грузы подвешивают в точках, указанных в таблицах. Длины подвесок разные и рассчитаны заранее. При правильном провисании вант контрольные грузы (или риски на них) должны находиться на одной отметке. При отклонении рисков производят натяжение или ослабление ванты.

После выверки положения продольных вант производят монтаж попе-

речных вант. Места пересечения закрепляют сжимами. Затем повторно проверяют положение вант (рис. 153, 154).

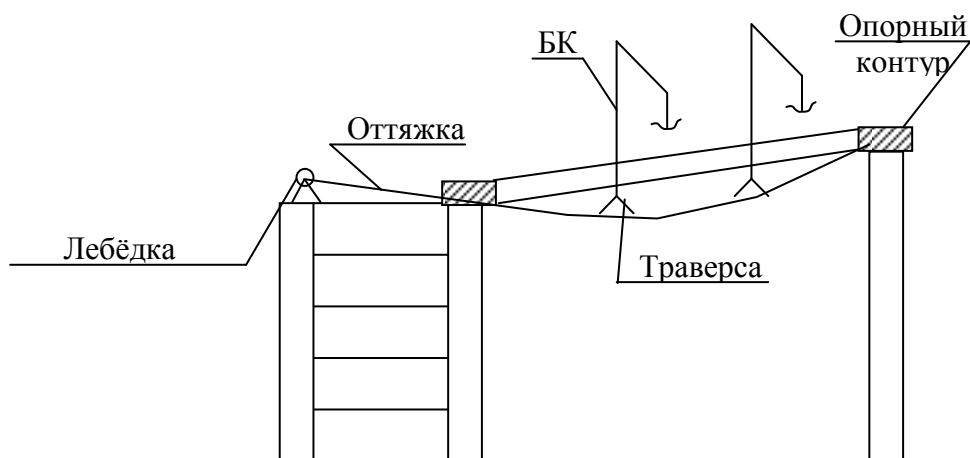


Рис. 152. Схема монтажа вант

После этого производят натяжение вантовой сети в три этапа. По окончании второго этапа натяжения укладывают плиты от нижних точек к верхним точкам, загружая покрытие равномерно. Загружают плиты балластом (пригрузом), вес которого равен весу кровли. Производят натяжение, далее укладывают в стыки между плитами арматуру и бетонируют.

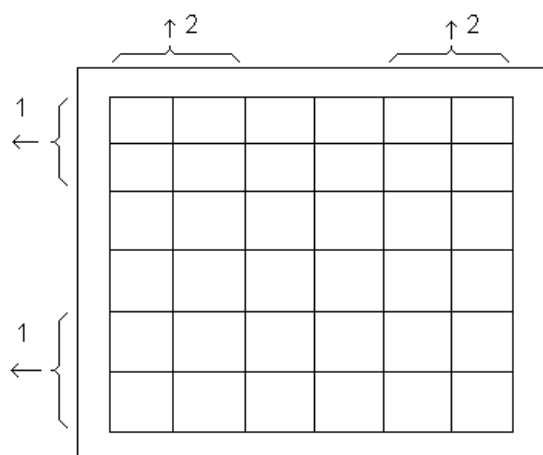


Рис. 153. Порядок натяжения вант в сети

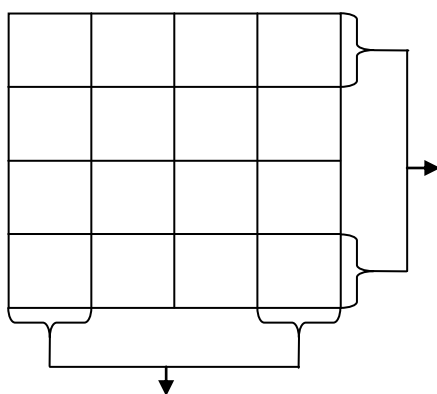


Рис. 154. Натяжение вант

Снимают пригруз после набора прочности, а также снимают подвески от краёв к середине. Натяжение смонтированной вантовой сети производят блоками поочерёдно в продольном и поперечном направлении.

#### **Монтаж оболочки с радиальным расположением вант**

Сетка вант с натяжением канатов по наружному опорному кольцу очень трудоёмка в монтаже и связана с многочисленными перестановками домкратов. Более технологичной в монтаже является система с радиальным расположением вант и центральным опорным кольцом, внутри которого сосредоточены все операции по натяжению вантовой сети и домкраты перемещаются по сплошному настилу внутреннего опорного контура на небольшие расстояния.

Центральное кольцо в этом случае монтируют на временной опоре. Полуфермы состоят из двух канатов. Нижний несущий и верхний стабилизирующий канаты соединены стойками. По верхним канатам укладывают металлические щиты. После установки и закрепления всех полуферм стабилизирующие канаты натягивают. Для изготовления полуферм на площадке ванты натягиваются и испытываются на нагрузку 120% от проектной нагрузки.

Одновременно производится натяжение по четыре взаимно перпендикулярные фермы: 1, 2, 3, 4, затем 5, 6, 7, 8. После натяжения вантовой сети

ведут монтаж кровли башенным краном, установленным на радиальные пути вокруг сооружения (рис. 155).

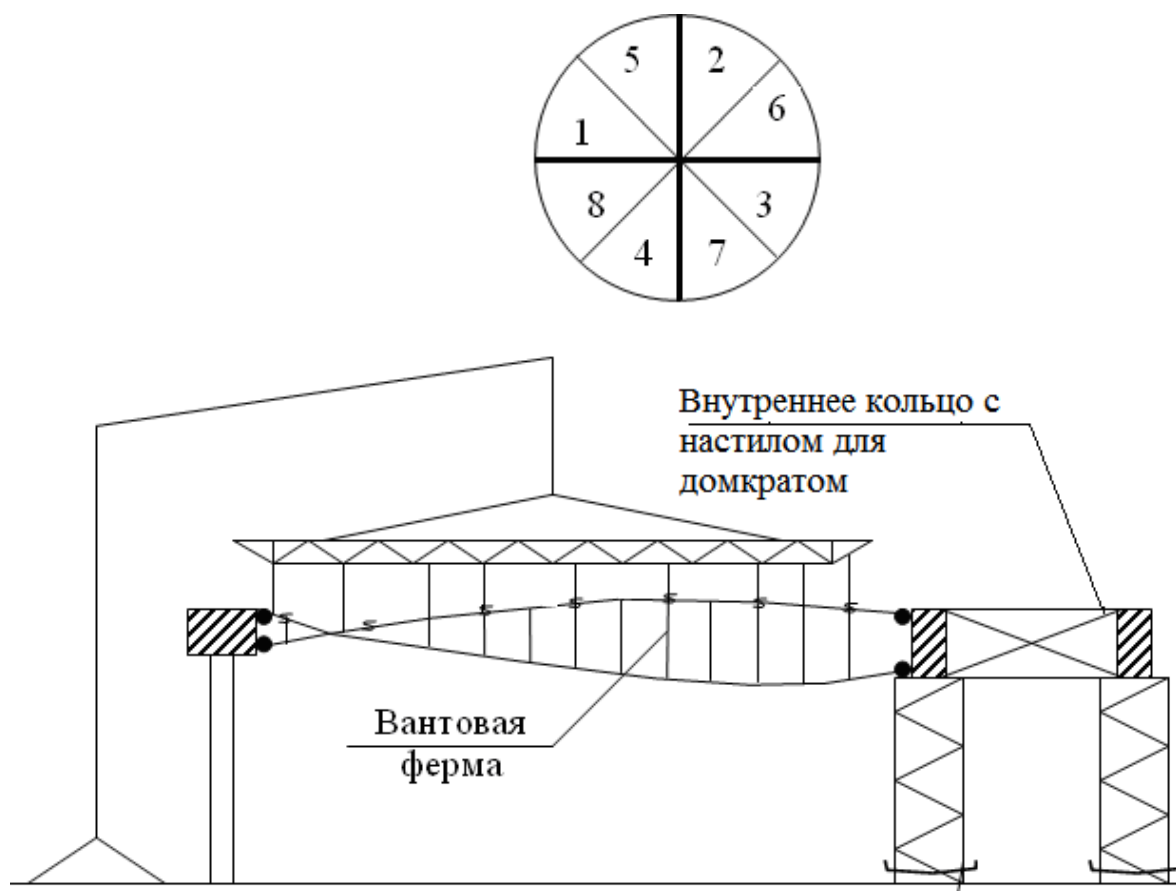


Рис. 155. Монтаж оболочки с радиальным расположением вант

Временные опоры снабжены песочницами для раскруживания внутреннего опорного кольца. Раскруживание ведут после сборки и натяжения всей окружности покрытия.

### **Монтаж вантового покрытия шатрового типа**

Покрытия шатрового типа отличаются наличием центральной опоры.

Такую конструкцию можно применять в сооружениях, где наличие опоры в центре сооружения не мешает процессу эксплуатации (рынки, выставочные павильоны, торговые центры).

Монтаж вант ведётся полноповоротным краном, установленным на

центральной опоре, и башенным краном, перемещающимся по радиальным путям вокруг сооружения (рис. 156).

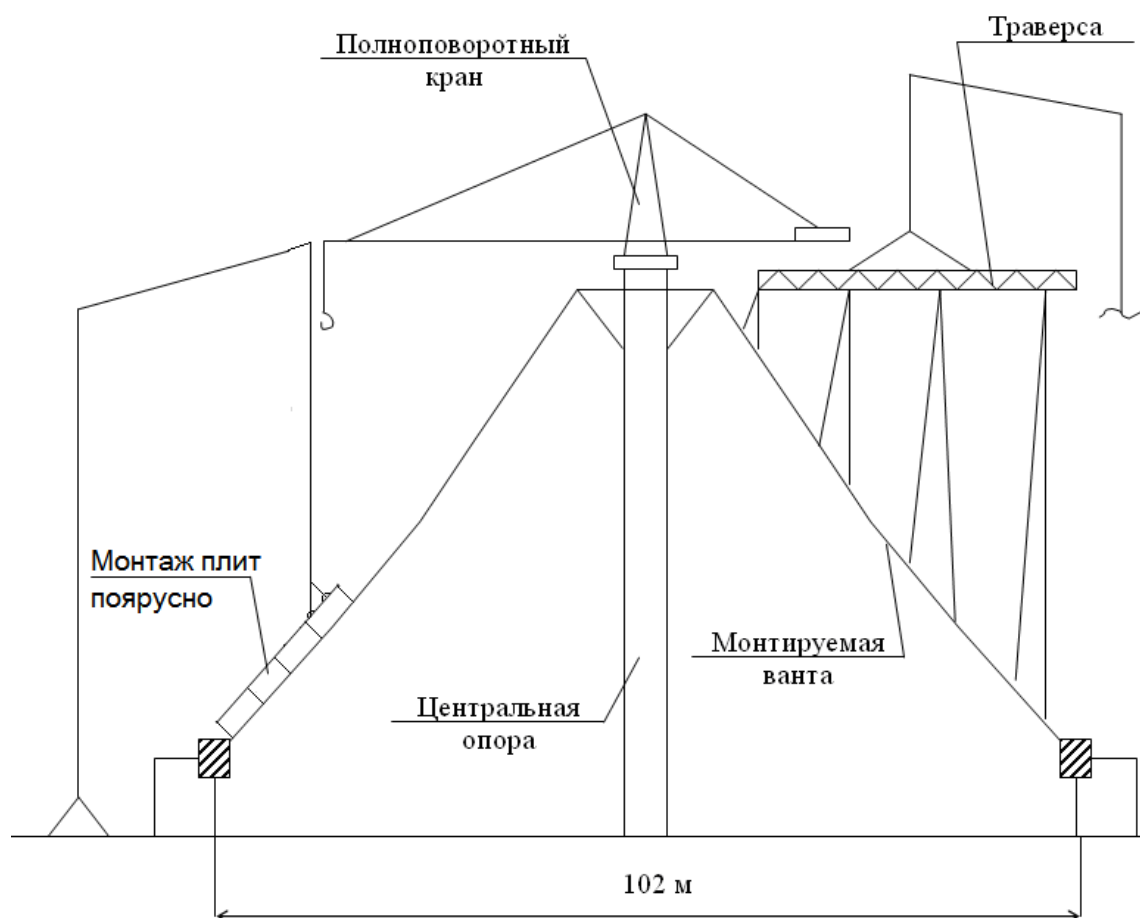


Рис. 156. Монтаж вант шатрового покрытия

Монтаж центральной опоры и опорных колец ведётся гусеничным краном.

Для монтажа вант применяется специальная траверса со стропами различной длины для придания ванте проектного положения во время подъёма.

Плиты покрытия монтируют по ярусам снизу вверх. К монтажу следующего яруса приступают после монтажа всех плит и заделки стыков. Кран, установленный на центральной опоре, демонтируют после окончания монтажа всех конструкций.

## Висячие покрытия с жёсткими нитями

Висячие покрытия состоят из стальных решётчатых ферм. Висячие фермы работают аналогично нитям, обладающим изгибной жёсткостью (ванты). От обычных ферм их отличает наличие горизонтального распора, который они передают на опорный контур (рис. 157). Значительное их провисание (провисание равно 18 м) позволяет уменьшить величину распора и значительно снизить их массу.

При пролёте 100 м высота криволинейного очертания составляет всего 2.5 м (высота ферм). В зависимости от длины фермы монтируют целиком или частями с использованием временных опор. Монтаж ведётся башенным краном, установленным по центру здания. Раскружаливание производят после сварки верхних поясов. Сварку нижних поясов производят после полной загрузки покрытия (прогоны, кровля, подвесной потолок). Это обеспечивает работу верхнего пояса на все постоянные нагрузки, а нижнего - только на снеговые нагрузки.

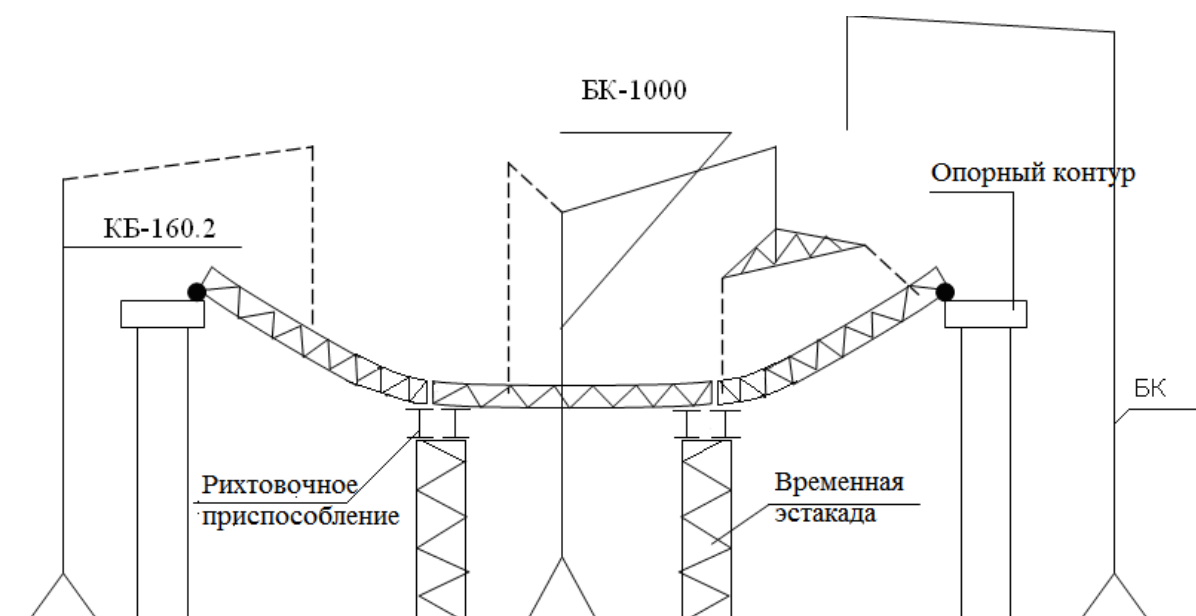


Рис.157. Монтаж висячего покрытия с жесткими нитями

Профилированный настил укладывают от оси симметрии к опорам. Монтаж ферм ведут башенным краном, установленным посередине пролёта, методом на себя. Монтаж покрытия ведут башенными кранами, установленными вокруг сооружения (рис.158). При недостаточном вылете стрелы монтажного крана для установки плит покрытия в центре сооружения плиты подают одной траверсой двумя кранами.

Рихтовочное приспособление на опоре обеспечивает совмещение стыкуемых концов ферм.

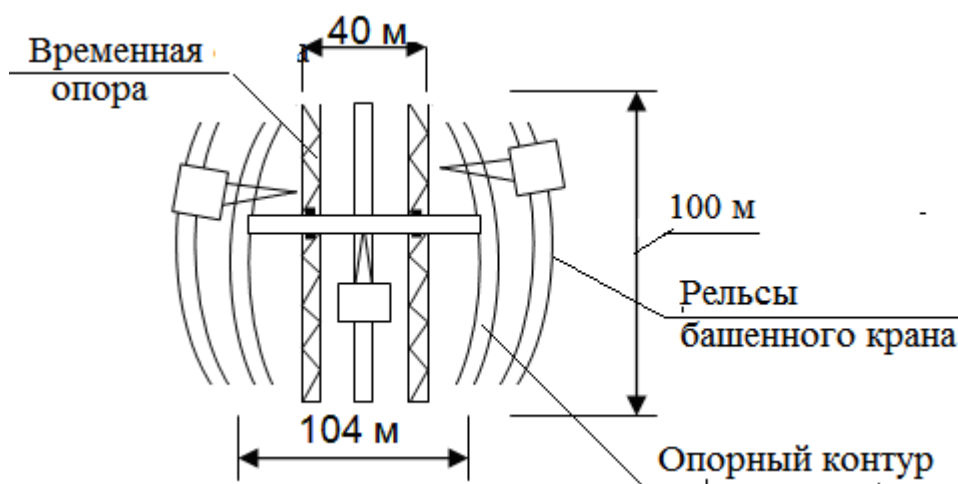


Рис. 158. Схема движения кранов

### **Покрытие из висячих ферм, соединённых шарнирно**

Временную опору монтируют методом поворота с помощью тяговой и удерживающей лебёдки. Монтаж опорного контура ведётся гусеничным краном. Подъём ферм ведут башенными кранами, на временной опоре в центре соединяют листовым шарниром (рис. 159).

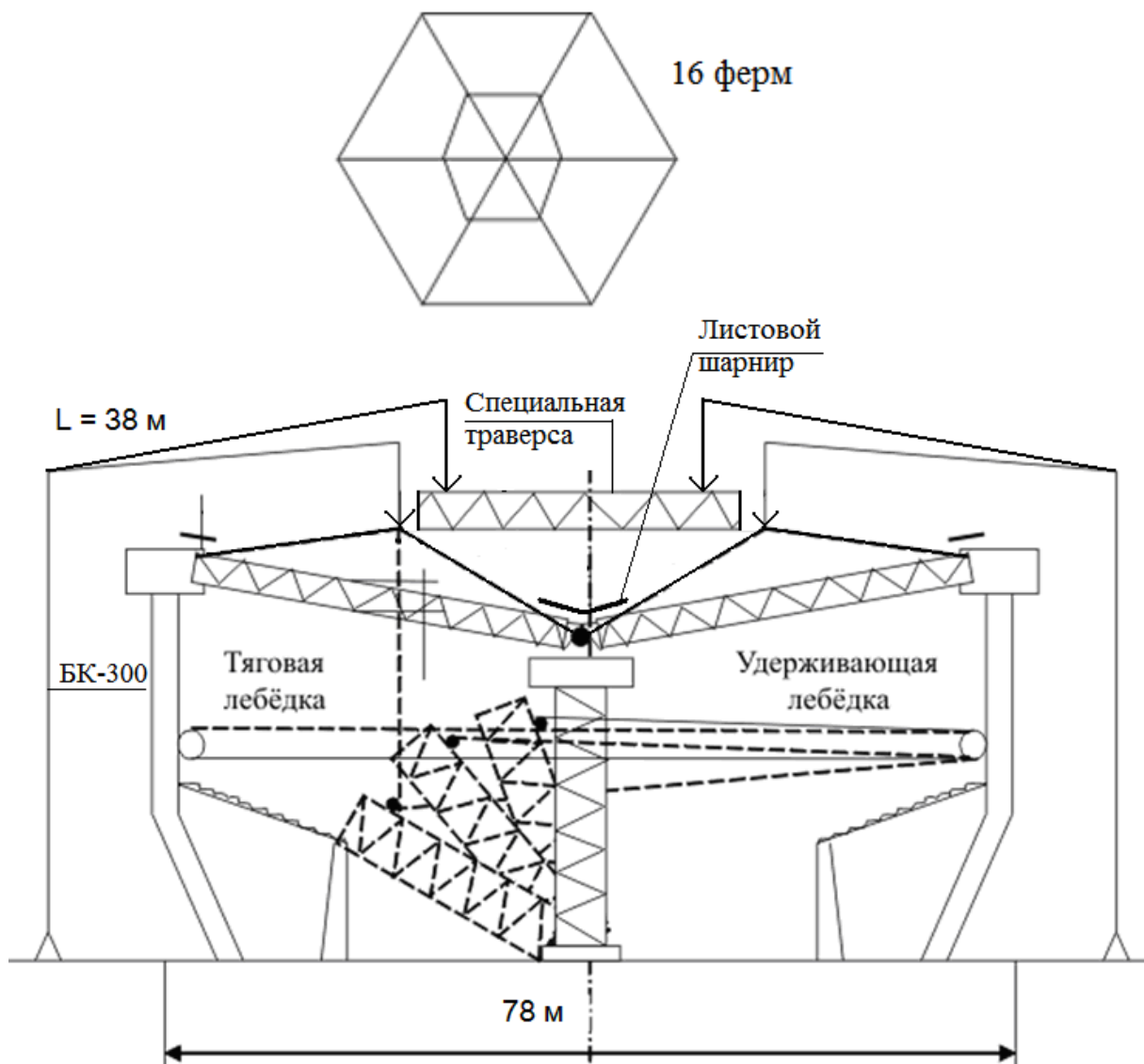


Рис. 159. Монтаж покрытия из висячих ферм

После сварки ферм опоры демонтируют. Монтаж прогонов, профилированного настила ведут после демонтажа временной опоры. Если для подачи в центр профилированного настила вылета недостаточно, то монтаж ведут с помощью гравесы, поднимаемой двумя кранами.

## **Модуль 4. Технологические процессы при возведении зданий из монолитного бетона**

### **Лекция 4.1 Виды монолитных зданий и типы опалубки.**

#### **Щитовая опалубка**

##### **Возведение зданий из монолитного бетона**

Несмотря на очевидные достоинства сборного железобетона, торможение в развитии технологии монолитного железобетона, экономически не обоснованно.

Технико-экономический анализ показывает, что в ряде случаев монолитный железобетон оказывается более эффективным по расходу металла (до 25 %), суммарной трудоёмкости (с учётом изготовления сборного железобетона) и приведённым затратам.

Временные затраты на создание базы стройиндустрии меньше на 35 % кирпичных зданий, на 40 % - панельных. Расход цемента на 1 м<sup>3</sup> железобетона меньше, чем в сборном строительстве. Применение монолитного железобетона наиболее целесообразно в следующих случаях:

1. в районах со сложными геологическими условиями, повышенной сейсмичностью;
2. при отсутствии мощностей сборного домостроения;
3. при слабом развитии дорог;
4. в малоэтажном домостроении.

Основные достоинства монолитного домостроения следующие:

1. возможность с минимальными затратами получить разнообразные объёмно-пространственные решения, повысить качество и архитектурную выразительность отдельных зданий и комплексов;
2. решение проблемы стыков, повышение теплотехнических и изоляционных свойств, снижение затрат на эксплуатационные расходы;

3. возможность оптимизировать конструктивные решения, перейти от разрезных схем, требующих значительных материальных и трудовых затрат, к неразрезным пространственным схемам, учесть совместную работу элементов и тем самым снизить их сечение;

4. возможность использования местных строительных материалов на основе утилизации промышленных отходов (зола, шлак). В многоэтажном монолитном домостроении чётко просматривается тесная взаимосвязь между архитектурно-планировочными, конструктивными и технологическими параметрами.

Например, выбор той или иной опалубочной системы в значительной мере зависит от архитектурно-планировочных решений здания, а принятая опалубочная система, в свою очередь, может определить характер сопряжений между стенами и перекрытиями и, следовательно, повлиять на расчёт здания. Таким образом, фактор технологичности в монолитном домостроении, как ни в каком другом виде, необходимо обязательно учитывать ещё на стадии проектирования. Затраты труда на стройплощадке возрастают в 1,65 раза, расход бетона увеличивается на 17 ÷ 19%.

Один из путей повышения производительности - создание специализированных подразделений.

Основные направления для повышения эффективности монолитного домостроения включают в себя:

1. снижение трудозатрат на транспортировку, укладку и уплотнение за счёт перехода на литые и высокоподвижные смеси;
2. использование арматурных каркасов полной готовности;
3. использование инвентарной быстроразъёмной опалубки модульных систем с полимерным покрытием, применение несъёмной и специальных видов опалубки (пневматической, катучей, виброопалубки, скользящей);
4. применение специальных уплотняющих систем, совмещающих процессы укладки, разравнивания, отделки поверхности без ручного труда.

## Типы монолитных зданий

По технологическим и конструктивным признакам многоэтажные жилые здания, возводимые с использованием монолитного бетона, условно можно отнести к трем основным категориям:

1. цельно-монолитные здания, в которых все конструкции выполнены из монолитного бетона;
2. сборно-монолитные здания, в которых стены выполнены из монолитного бетона, а перекрытия сборные; к этой же категории с определённой долей условности можно отнести и здания, в которых несущие стены и перекрытия выполнены из монолитного бетона, а наружные стены сборные;
3. сборно-монолитные каркасные здания, в которых ядра жёсткости или перекрытия, выполненные из монолитного бетона, сочетаются со сборным каркасом.

Для цельно-монолитных зданий наиболее эффективно применение крупно-щитовой опалубки. Использование блочной опалубки связано с необходимостью её разборки и выполнением сложных манипуляций по извлечению через проёмы.

Монолитные здания различаются по методам возведения в зависимости от применяемой опалубки. В то же время в способах армирования конструкций и бетонирования при всех видах опалубки много общих признаков. Каждый из видов опалубочных систем, обладая частичной универсальностью, имеет технологические особенности.

Тоннельная опалубка (рис. 160) требует дополнительных трудозатрат на создание специальных площадок для извлечения опалубки. Применяется, как правило, когда наружные стены сборные.

Вертикально извлекаемая опалубка (рис. 161) позволяет совместить внутренние и наружные стены, но при этом устройство монолитного перекрытия менее технологично.

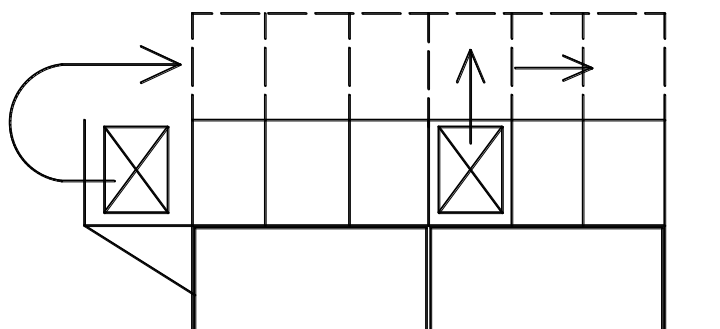


Рис. 160. Тоннельная опалубка

Створчатая опалубка (рис. 162) это вертикально извлекаемая опалубка перекрытий, которая позволяет повысить технологичность за счёт сокращения перерывов в производстве работ.

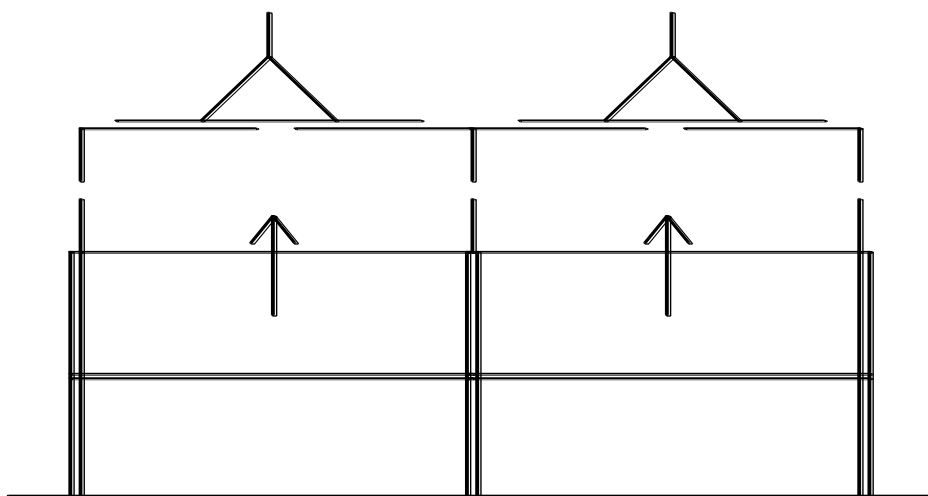


Рис. 161. Вертикально извлекаемая опалубка

Скользящая опалубка (рис. 163) особенно эффективна для высотных зданий, небольших в плане, с малым количеством проёмов и одинаковой толщиной стены.

Ступенчатое бетонирование (рис. 164) применяется для протяжённых зданий. Бетонирование ведётся в блочной опалубке. Внутренние стены бетонируют в несъёмной мелко-щитовой опалубке.

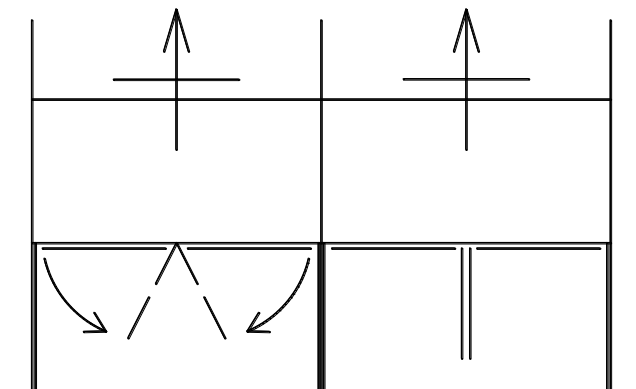


Рис. 162. Створчатая опалубка

Метод подъёма этажей и перекрытий (рис. 165) - это сборно-монолитный вариант, позволяющий вести возведение многоэтажных зданий без установки наземных башенных кранов. Применяется в стеснённых условиях производства работ, для зданий, сложных и широких в плане (в виде многоугольника, круга, эллипса).

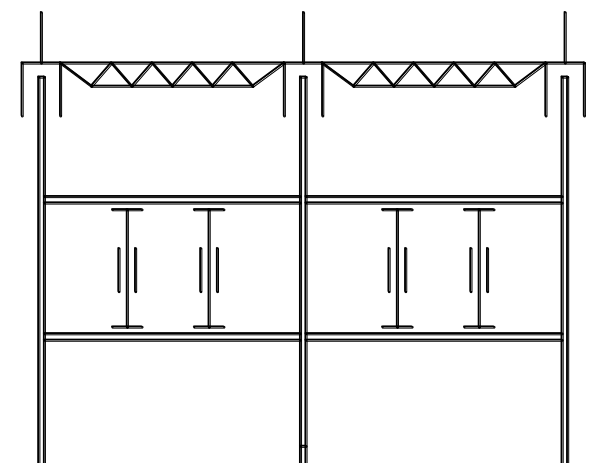


Рис. 163. Скользящая опалубка

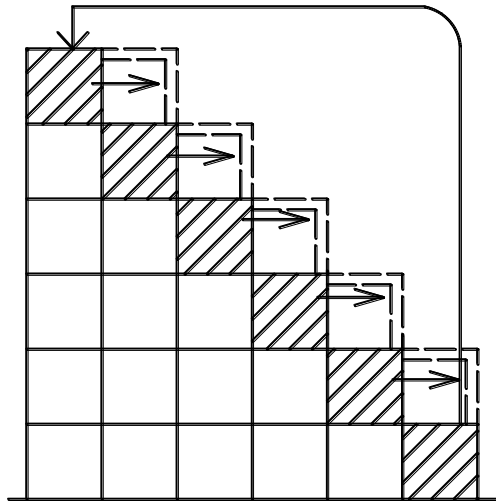


Рис. 164. Ступенчатое бетонирование

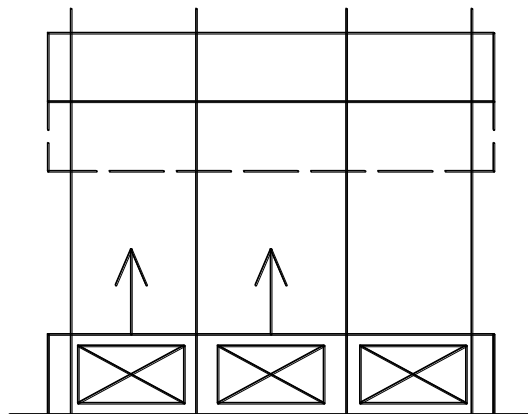


Рис. 165. Метод подъёма этажей

### **Возведение зданий в крупнощитовой опалубке**

Конструктивные решения зданий, возводимых в крупнощитовой опалубке, предусматривают изготовление ограждающих элементов в виде сборных панелей, кирпичных стен, трёхслойных панелей с эффективным утеплителем или цельно-монолитных зданий.

Внутренние стены, которые являются несущими, выполняются в монолитном железобетоне. Как правило, наружные сборные железобетонные сте-

ны возводят с отставанием на этаж, а кирпичные наружные стены возводят с опережением на этаж.

Щитовая опалубка стен может быть балочной или рамной. Рамная опалубка изготовлена из палубы и каркаса (рис. 166) в заводских условиях. Такая опалубка при использовании на стройплощадке требует минимальных трудозатрат, необходимых только для соединения отдельных панелей между собой (рис. 167).

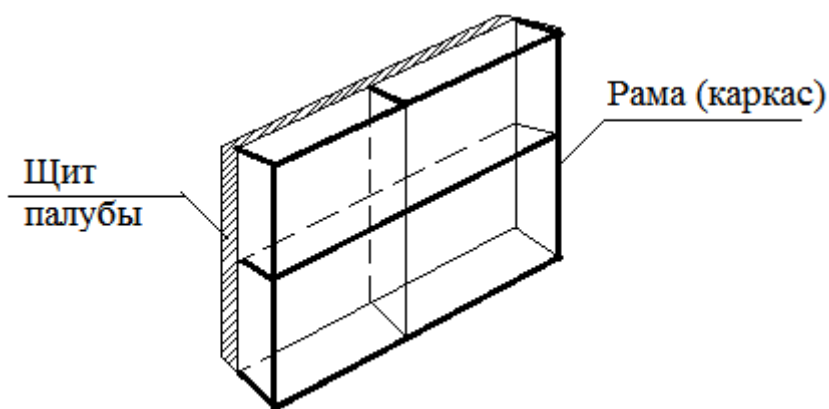


Рис. 166. Щит рамной опалубки

Соединение отдельных панелей производят с помощью универсального замкового соединения.

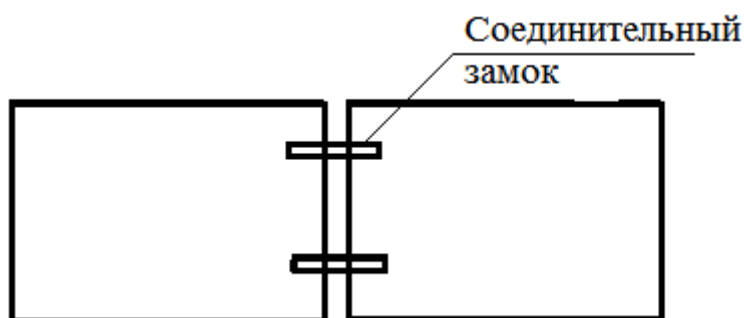


Рис. 167. Соединение щитов по горизонтали

При необходимости производится наращивание по высоте с использованием такого же замкового соединения (рис. 168).

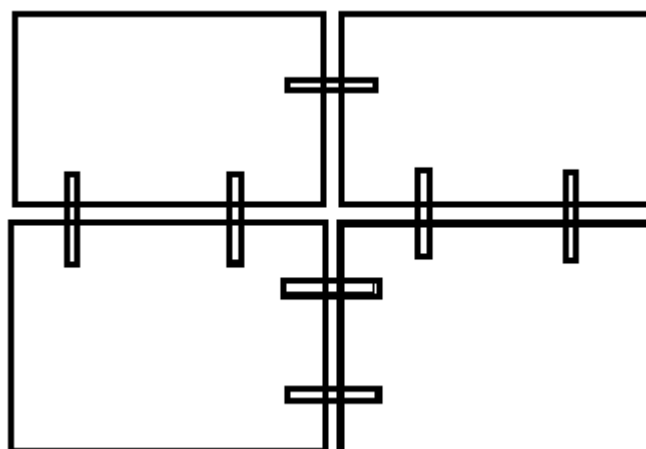


Рис. 168. Соединение щитов по вертикали

Балочная опалубка собирается из главных балок, ригелей и щитов палубы (рис. 169) на строительной площадке. Балочная опалубка является более дешёвой, применяется для конструкций нестандартных размеров. Высота яруса, поднимаемая за один приём, возможна до 18 м.

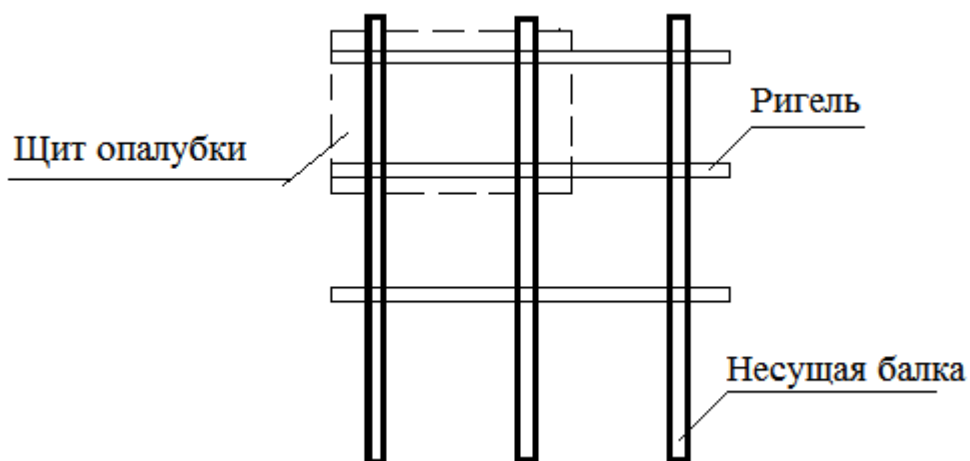


Рис. 169. Сборка балочного щита опалубки

После приёмки установленной опалубки производится укладка бетонной смеси. Подача бетона ведётся бункерами 1 м<sup>3</sup>. Разгрузку бункера производят в нескольких точках бетонируемой стены. Бетонирование ведётся участками, заключёнными между дверными проёмами, слоями 30 ÷ 40 см с уплотнением глубинными вибраторами.

Опалубку стен устанавливают в два этапа. Сначала монтируют опалубку с одной стороны стены, а после установки арматуры устанавливают опалубку второй стороны. Готовая опалубка подлежит приёмке. Предусматривается проверка соответствия формы и геометрических размеров опалубки рабочим чертежам, совпадение осей опалубки с разбивочными осями, точность отметок опалубочных плоскостей, вертикальность и горизонтальность щитов, правильность установки закладных деталей, плотность стыковки швов.

Порядок установки опалубки стены (рис. 170) состоит из следующих работ:

- 1) установка щита с рабочей площадкой и подкосами;
- 2) установка арматуры и закладных деталей;
- 3) установка щита с другой стороны;
- 4) установка тяжёлой между щитами.

Щитовая опалубка колонн (рис. 171) позволяет возводить колонны разных размеров, квадратные или прямоугольные в плане.

Устройство монолитного перекрытия производят после возведения стен. Опалубка перекрытий устанавливается на телескопические стойки. Использование крупнощитовой опалубки целесообразно и при возведении зданий по специальным проектам.

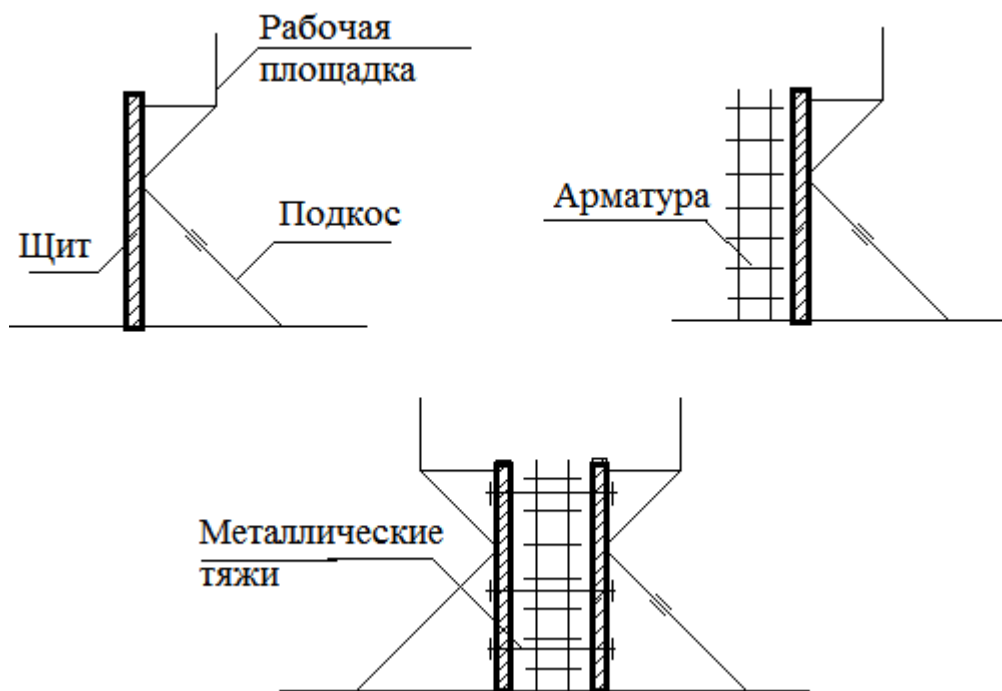


Рис.170. Установка опалубки стен

Опалубку перекрытий собирают из щитов, главных и второстепенных балок. В качестве опор используют (рис. 172) телескопические стойки, а при высоте этажа более 4,5 м - пространственные опоры (опорные башни).

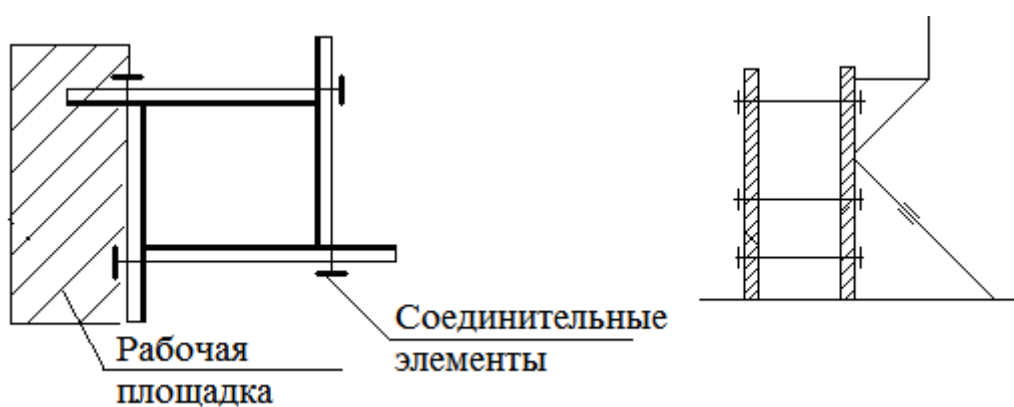


Рис. 171. Схема соединения щитов опалубки колонн

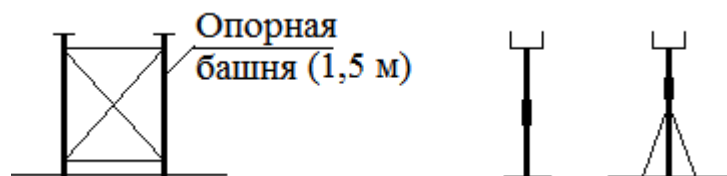


Рис. 172. Стойки опалубки перекрытий

Для строительства с открытыми фасадами (наружную стену возводят после возведения каркаса) используют (рис. 174) цельный опалубочный стол, например для опалубливания всей ширины этажа за один приём.

Опалубку перекрытий площадью до  $150 \text{ м}^2$  можно перемещать за один крановый цикл. Модульная опалубка перекрытий (рис. 174) типа «стол» состоит из щитов и стоек. Она перемещается по этажу с помощью транспортной тележки. С этажа на этаж её переставляют краном через открытый фасад.

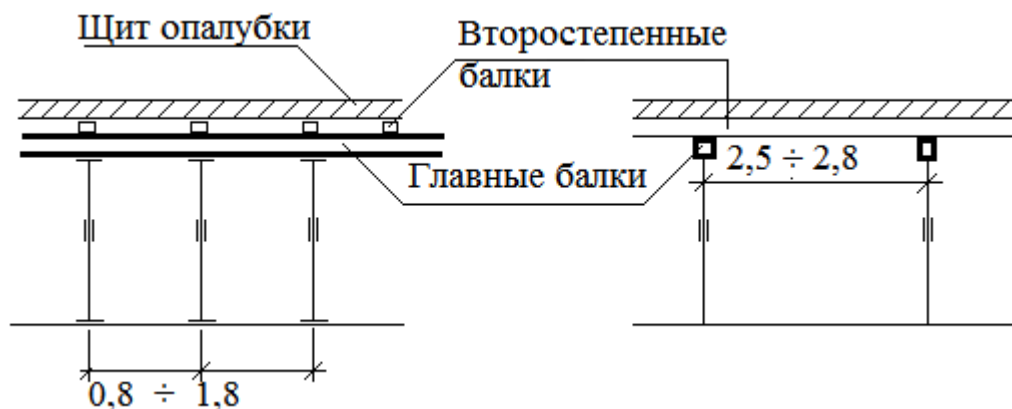


Рис. 173. Опалубка перекрытий

Опалубочный стол собирается под размер сооружения из модульных элементов.

Вместо главных и второстепенных балок в конструкции опалубки перекрытия может использоваться модульная решётка (рис. 175), которую навешивают на стойки.



Рис. 174. Опалубка перекрытий типа «стол»

По решётке свободно перемещается монтажник, раскладывающий щиты опалубки из фанеры.

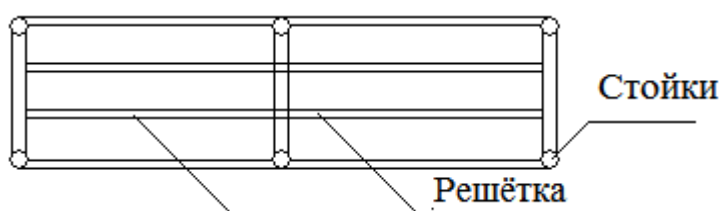


Рис. 175. Модульная решетка

## **Лекция Л4.2 Объемно-блочная опалубка. Скользящая и самоподъемная опалубка**

### **Возведение зданий в блочно-щитовой опалубке**

Конструктивное решение блочно-щитовой опалубки позволяет возводить общественные и жилые здания повышенной этажности как полностью в монолитном, так и сборно-монолитном варианте. В практике жилищного строительства широко применяется комбинированное сочетание монолитного и сборного железобетона.

В блочно-щитовой опалубке возводят здания точечного типа, а также здания с развитой в плане площадью

Для поточного производства работ по монтажу опалубки, установке арматуры и бетонированию стен каждый этаж здания в плане разделяют на захватки с приблизительно одинаковыми объёмами работ.

Необходимый комплект опалубки в зависимости от технологии работ пригоден для выполнения работ на первой, второй, четвёртой и пятой захватках (рис. 176).

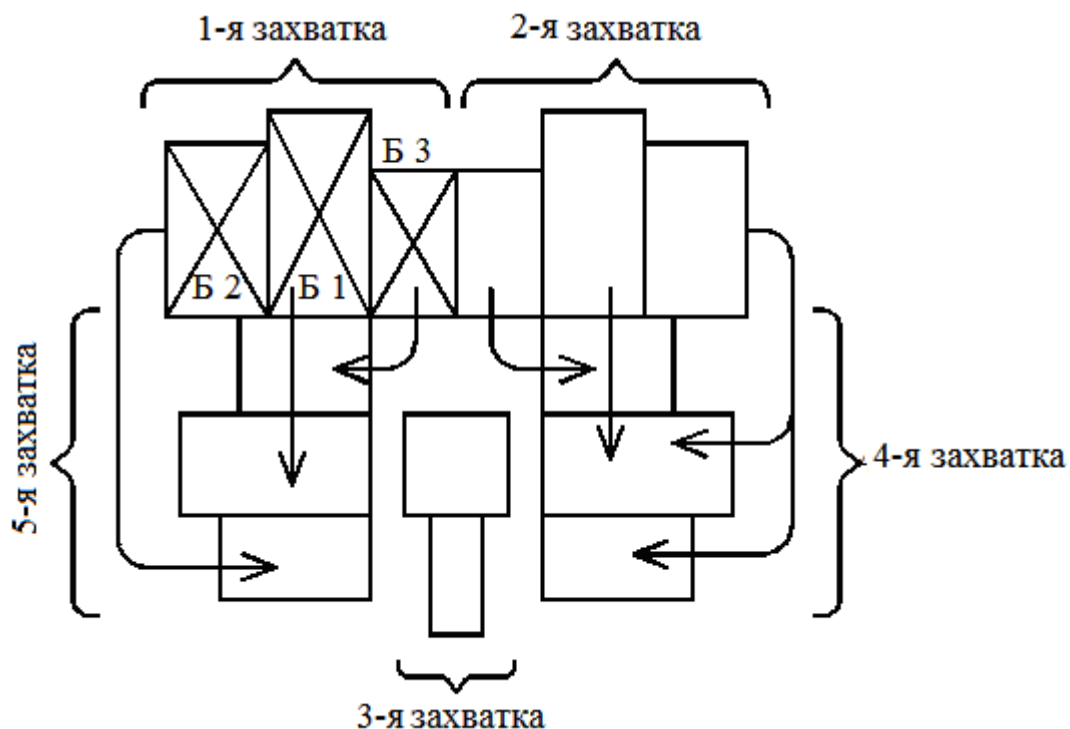


Рис. 176. Перестановка блоков опалубки

По мере выполнения бетонирования, опалубку с первой захватки переставляют на четвёртую, а со второй на пятую. Опалубку с третьей захватки (лестничная клетка) опускают на площадку складирования и монтируют на следующем этаже. В такой очередности цикл повторяют на каждом этаже. Опыт возведения зданий в блочно-щитовой опалубке показывает, что в большинстве случаев её очистка и смазка осуществляются на специальной площадке складирования.

Комплект опалубки включает в себя:

1. блоки;
2. наружные и внутренние панели;

3. торцевые и угловые щиты;
4. проёмообразователи и вкладыши, крепёжные и соединительные детали.

Все наружные панели имеют площадки с рабочим настилом и ограждением.

При устройстве перегородок и внутренних стен панели опалубки устанавливают с помощью подкосов, а противоположные панели соединяют между собой тягами. Первыми устанавливают блоки опалубки, а затем производят монтаж панелей и отдельных щитов.

Блок-опалубка стен представляет собой короб с наружной обшивкой щитами опалубки (рис. 177). Угловые блокирующие элементы, все крепёжные элементы, связи жёсткости остаются внутри короба. Блок опалубки стен собирают на специально отведённой для этого площадке, предварительно проверив её горизонтальность.

Для строповки блоков в верхнем ярусе схваток должны быть предусмотрены монтажные петли. Количество петель зависит от размеров панелей (при длине панели 3500 мм – 2 петли, более 3500 мм – 4 петли).



Рис. 177. Сборка опалубочного блока

Пространственный блок-опалубку стен собирают из готовых опалубочных панелей в вертикальном положении монтажным краном, используя при этом угловой блокирующий элемент с наклонными продолговатыми пазами.

Предварительно собранную панель опалубки с доборными и угловыми элементами, опорными подкосами устанавливают на сборочной площадке и надёжно закрепляют от опрокидывания. Перпендикулярно первой панели опалубки устанавливают вторую панель таким образом, чтобы резьбовые шпильки доборных элементов монтируемой панели вошли в наклонные пазы блокирующего элемента первой панели. После установки зажимают гайки. Последующие панели устанавливают и крепят аналогично. Окончательно выверяют собранный блок, измеряя стороны и диагонали. В случае необходимости ослабляют крепление доборного элемента, подрихтовывают панели. По верхнему и нижнему поясам блок раскрепляют стяжками.

Подъём блоков ведут универсальной траверсой. Максимальный размер опалубочного блока до 8×8 м.

Наружную опалубку стен собирают из отдельных панелей. Монтаж панелей наружной опалубки начинают с угловых панелей (рис. 178), которые устанавливают вертикально, присоединив временно верх панели к блоку. Затем устанавливают смежную угловую панель и соединяют панели с помощью углового блокирующего элемента. Таким же образом обходят все углы. Затем устанавливают промежуточные панели.

После выверки внутренние блоки скрепляют с панелями наружной опалубки через опорную консоль поверху и скрутками, которые пропускают в отверстия в щитах опалубки. Все работы по монтажу блоков опалубки, армированию, приёму бетонной смеси осуществляют с рабочих площадок, снабженных лотками для направления рабочей смеси.

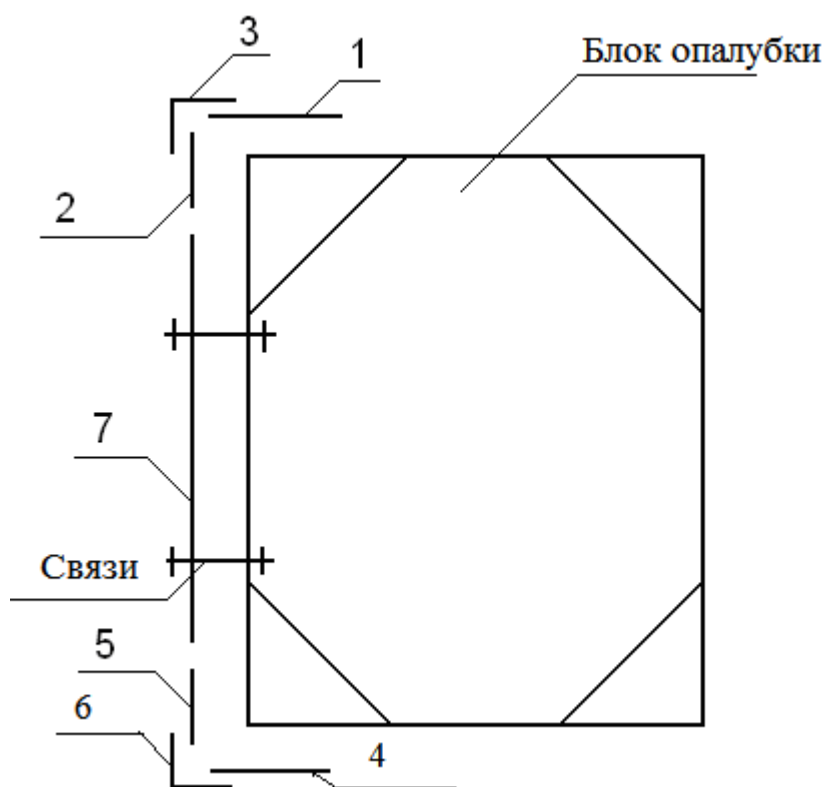


Рис. 178. Сборка блока опалубки. 1,2,4, 5 - угловые панели;  
3, 6 - угловой блокирующий элемент; 7 - рядовая панель

Блоки опалубки представляют собой жёсткую неизменяемую конструкцию, поэтому на них можно устанавливать накладные рабочие площадки без стоек для рабочих лесов.

Скрутки, предназначенные для крепления наружных панелей опалубки и блоков, срезают ближе к палубе щитов перед демонтажом опалубки. Демонтаж панелей наружной опалубки начинают с угловых элементов.

Точность смонтированной опалубки должна быть на один класс выше точности бетонируемой конструкции. Щели в стыковых соединениях не должны превышать 2 мм.

Армирование монолитных конструкций рекомендуется вести методом вязки, так как при использовании сварки капли расплавленного металла и искры прожигают смазку опалубочных щитов, что приводит к ухудшению качества поверхностей. При сварке используют щиты для прикрытия.

Опыт показывает, что рациональнее готовить смеси в условиях полигона, тогда случайные процессы, нарушающие свойства бетонных смесей и приводящие к изменению технологии ведения работ, снижаются до минимума.

Бетонирование конструкций производят после монтажа всех элементов опалубки на захватке, установки арматуры и закладных деталей. Непосредственно перед бетонированием с поверхности ранее уложенного слоя требуется удалить цементную пленку. Бетонную смесь укладывают в конструкцию горизонтальными слоями толщиной не более 50 см без перерывов. Каждый слой укладывают до начала схватывания предыдущего и тщательно уплотняют глубинными вибраторами. Высота свободного сбрасывания бетонной смеси не должна превышать 3 м. При уплотнении бетонной смеси шаг перестановки вибраторов не должен превышать полуторного радиуса действия, а глубина погружения вибратора в ранее уложенный слой должна быть не менее  $5 \div 10$  см.

Демонтаж опалубки производится при достижении распалубочной прочности не менее 1 МПа. Керамзитобетон класс В12 при использовании портландцемента марки 400 достигает распалубочной прочности через 24 часа. При демонтаже опалубки используются специальные устройства, для отрыва щитов: клинья, струбцины, механические домкраты и другие приспособления. Наличие большого фронта работ позволяет более рационально использовать прогрессивные технологии. Например, при устройстве перекрытий может быть использовано вибровакуумирование бетона, что позволяет улучшить структурную прочность.

Для снижения продолжительности технологического перерыва для набора прочности бетоном перекрытий, используют блочную опалубку с вертикально извлекаемой опалубкой перекрытий. В конструктивном решении опалубки перекрытия использован блокирующий узел с широким диапазо-

ном переналадки, позволяющий существенно повысить универсальность опалубочной системы и улучшить качество работ.

Конструктивное отличие опалубочной системы вносит достаточно большие технологические изменения и в производство работ. Данный способ отличается тем, что монтаж опалубки перекрытий выполняют до монтажа блоков опалубки стен, а бетонирование производят сначала перекрытий, а затем стен (рис. 179). Опалубка перекрытий конструктивно выполнена в виде створчатых блоков (рис. 180). Демонтаж опалубки производят в обратной последовательности (рис. 181). Для демонтажа опалубки в перекрытии устраивают специальные щели (технологические проёмы), через которые её извлекают.

Размеры створок опалубки должны быть на 2 ÷ 4 см меньше габаритной высоты этажа. Проём получают посредством установки проёмообразователя шириной 400 мм, который устанавливают на всю длину помещения. Демонтаж блоков перекрытия выполняют после набора бетоном 40 %-ной прочности и снятия опалубки стен в данной ячейке.

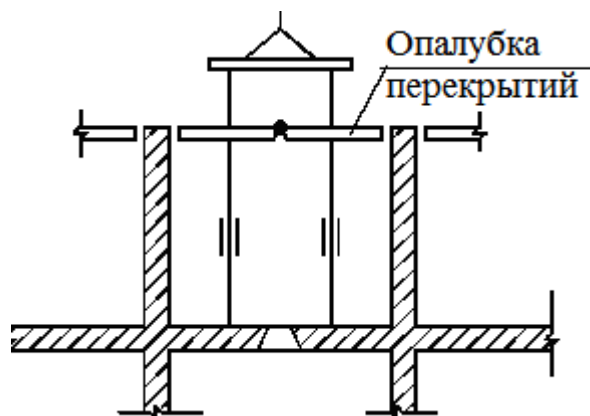


Рис. 179. Установка опалубки перекрытий

Опалубочный блок стен готовят путём навешивания на него арматурного каркаса и установки проёмообразователей. Блоки соединяют между собой по верху панелей.

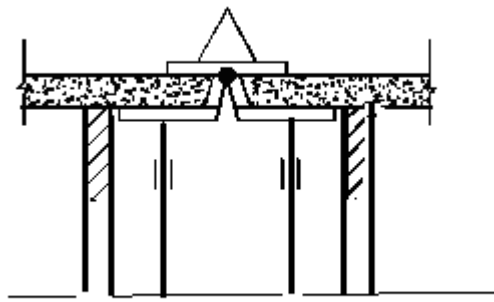


Рис. 180. Бетонирование перекрытий

Бетонирование стен производят слоями  $50 \div 60$  см. Демонтаж опалубки производят после достижения бетоном распалубочной прочности.

Высокое качество наружных стен достигается путём изготовления фактурного слоя наружных стен непосредственно на опалубочных щитах до их установки в проектное положение. Отделочный слой из раствора или бетона наносят на щит в горизонтальном положении на строительной площадке. После набора  $40 \div 50$  %-ной прочности, щит опалубки монтируют в проектное положение. Для сцепления скорлупы с поверхностью щита предусматривается устройство анкерных систем, извлекаемых перед демонтажом опалубки, а увеличение адгезии к монолитному бетону – устройством выпусков арматуры длиной  $180 \div 200$  мм.

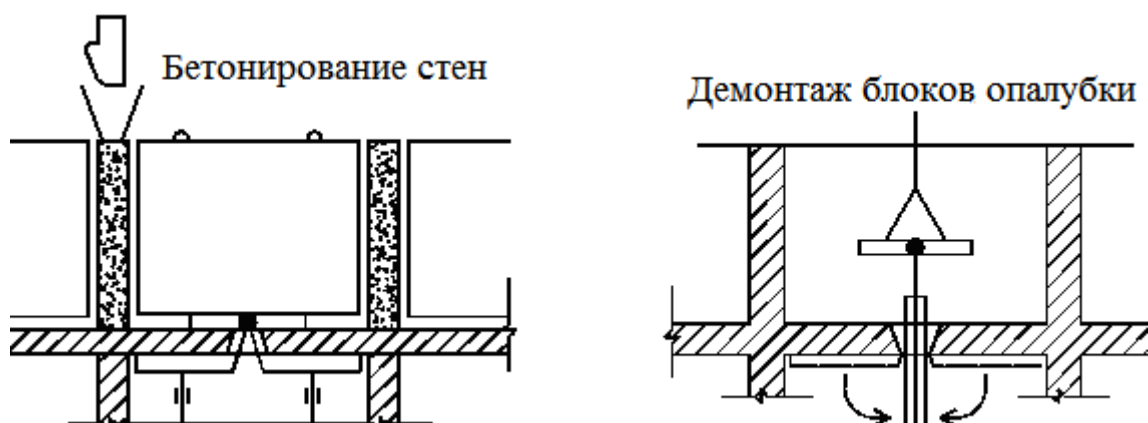


Рис. 181. Бетонирование стен и демонтаж опалубки

Достаточно широкое распространение получил метод возведения жилых и общественных зданий с использованием блочно-щитовой горизонтальноизвлекаемой опалубки (рис. 182, 183). Этим методом преимущественно возводят здания точечного типа высотой 12 ÷ 16 этажей. Технология и организация работ предусматривает разбивку этажа на захватки. Возведение наружных стен ведут с отставанием на этаж специальным потоком. Для улучшения технологических свойств бетонной смеси и сокращения сроков набора прочности в бетонную смесь вводят суперпластификатор. При отрицательных температурах дополнительно вводят ускорители твердения.

Интенсификация работ при возведении зданий в тоннельной опалубке зависит от многих технологических факторов и прежде всего от набора прочности бетоном конструкций.

Фактором, определяющим сроки распалубки, является приобретение бетоном перекрытий 70 %-ной прочности. При снижении распалубочной прочности возникают пластические деформации, существенно превышающие допустимые значения.



Рис. 182. Установка блоков опалубки в плане

Сокращение сроков распалубки достигается путём рационального использования различных средств, в том числе тепловой обработки (инфракрасный прогрев, использование греющих опалубок, укладка разогретой до  $50 \div 60$  °С бетонной смеси и др.). Эти средства целесообразно использовать и в летних условиях.

Использование инфракрасных излучателей позволяет получать распалубочную прочность перекрытия за  $18 \div 24$  часов. Это обеспечивает возведение типового этажа за  $8 \div 10$  суток при комплекте опалубки на этаж.

На продолжительность возведения конструкций оказывает влияние правильный выбор комплекта опалубки. Как правило, сокращение сроков достигается при использовании комплекта опалубки на весь этаж.



Рис. 183. Установка блоков опалубки в продольном разрезе

Для извлечения блоков используют специальные площадки, на которые выкатывают опалубку и краном перемещают её на следующую стоянку. Для извлечения блоков можно также использовать монтажный проём в перекрытии, к которому подкатывают все блоки (рис. 184).

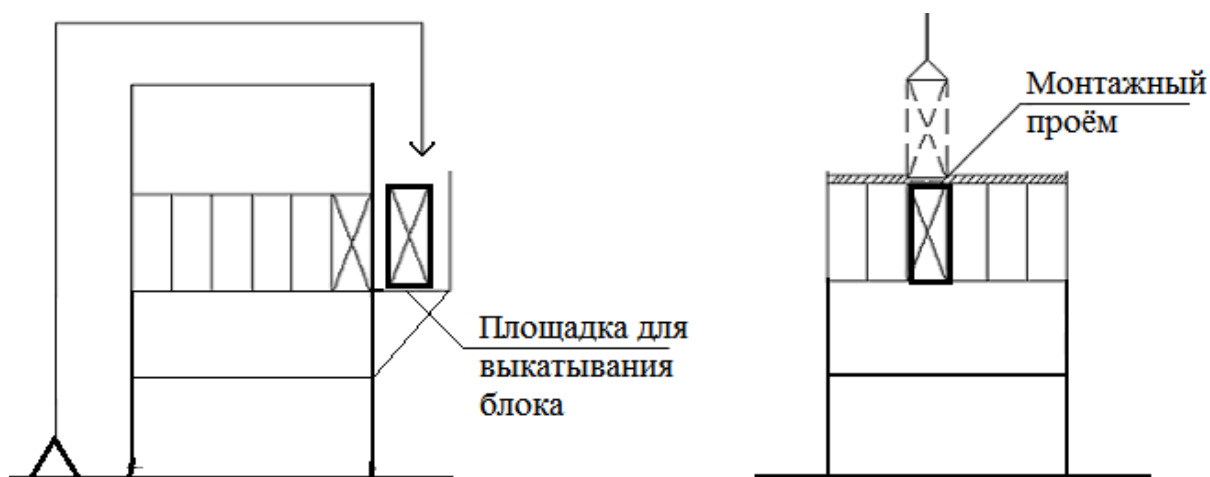


Рис. 184. Извлечение блоков опалубки

Доборные панели позволяют использовать блоки для разных размеров зданий (рис. 185).



Рис. 185. Блок горизонтальной опалубки

### Возведение зданий в скользящей опалубке

Скользящая опалубка выгодна при возведении одиночных зданий высотой не менее 25 м, так как при меньшей высоте затраты на монтаж и демонтаж с учётом стоимости опалубки не превышают эффекта от интенсивного ведения работ.

Сдерживающие факторы развития и широкого применения скользящей опалубки следующие:

1. резкое удорожание производства работ в зимнее время;
2. потребность в большом количестве рабочих высокой квалификации, в том числе для обслуживания систем скользящей опалубки;
3. резкое снижение эффективности технологического процесса бетонирования при различных организационных неполадках и перерывах;
4. большие затраты на ликвидацию всякого рода дефектов бетонирования и на доводку забетонированной поверхности;
5. сложность устройства перекрытий.

Часть причин может быть устранена технологическими приёмами. Так, бетонирование можно производить не круглосуточно, а с перерывами, используя специальные добавки к бетонным смесям. Например, замедлители твердения позволяют продлить период схватывания до 18 часов. При бетонировании в районах с холодным климатом широко используются ускорители твердения, а также тепловая обработка бетона (инфракрасная обработка, электропрогрев и т.п.), которые не снижают темпа бетонирования.

Основными элементами скользящей опалубки являются щиты, домкратные рамы, кружальные доски, рабочий настил, подвесные подмости и домкратные стержни (рис. 188). Для возможности дальнейшего извлечения стержней в процессе бетонирования для них образуется канал с помощью защитной трубки  $L = 1500$  мм. Домкратные рамы являются основными несущими элементами. На них устанавливают с помощью кружальных досок щиты опалубки, подмости рабочего настила и подвесные подмости. На домкратные рамы ставят домкраты, которые, опираясь на стержни, поднимают всю конструкцию опалубки. Щиты опалубки устанавливают таким образом, чтобы расстояние между ними увеличивалось к низу, образуя конусность в пределах  $5 \div 7$  мм на высоту щитов  $1,0 \div 1,2$  м. Внутренний щит устанавливают с наклоном, а наружный вертикально. Домкратная рама вы-

полняется с двумя стойками, на пересечении стен с тремя и четырьмя стойками. Щиты выполняют плоскими и криволинейными элементами, что позволяет расширить архитектурные решения фасада.

Для подъёма в основном используют гидравлические домкраты. Подъём осуществляется в автоматическом и полуавтоматическом режиме. В комплект домкратов входит регулятор горизонтальности рабочего пола, который поддерживает горизонт опалубки и обеспечивает возвратно-поступательное движение опалубки в пределах одного шага (шаг на месте). Это позволяет избегать схватывания бетона с опалубкой при остановке и устранять перекосы опалубки.

Одно из основных условий правильного ведения работ - строгое соблюдение горизонтальности рабочего пола. Нарушение горизонтальности может привести к срыву и излому бетона, изгибу домкратных стержней, отклонению от вертикальности.

Расстояние между домкратными рамами зависит от грузоподъёмности домкратов, жёсткости формы, расположения и размеров проемов (рис. 186). Возведение жилых зданий в скользящей опалубке это комплексный процесс, который включает в себя армирование конструкций, наращивание домкратных стержней, установку закладных деталей, оконных и дверных блоков или вкладышей, устройство специальных ниш, бетонирование, уход за бетоном ит.д.

Перечисленные работы должны быть увязаны во времени. Так, армирование стен не должно ни опережать укладку бетона, ни отставать от неё. Домкратные стержни следует наращивать по мере подъёма опалубки. Вкладыши для образования проёмов должны быть установлены до монтажа арматурных каркасов.

Каждый вид работ выполняет специализированное звено рабочих, а весь процесс комплексная бригада. При этом соблюдают строгую последовательность ведения работ.

Так как ведущими процессами являются укладка и уплотнение бетонной смеси, то принятой скорости бетонирования подчиняются все остальные процессы. Для поточного ведения работ здание разбивают на захватки. На каждой из них ведётся определённый технологический процесс. По мере выполнения работ звено рабочих переходит с захватки на захватку.

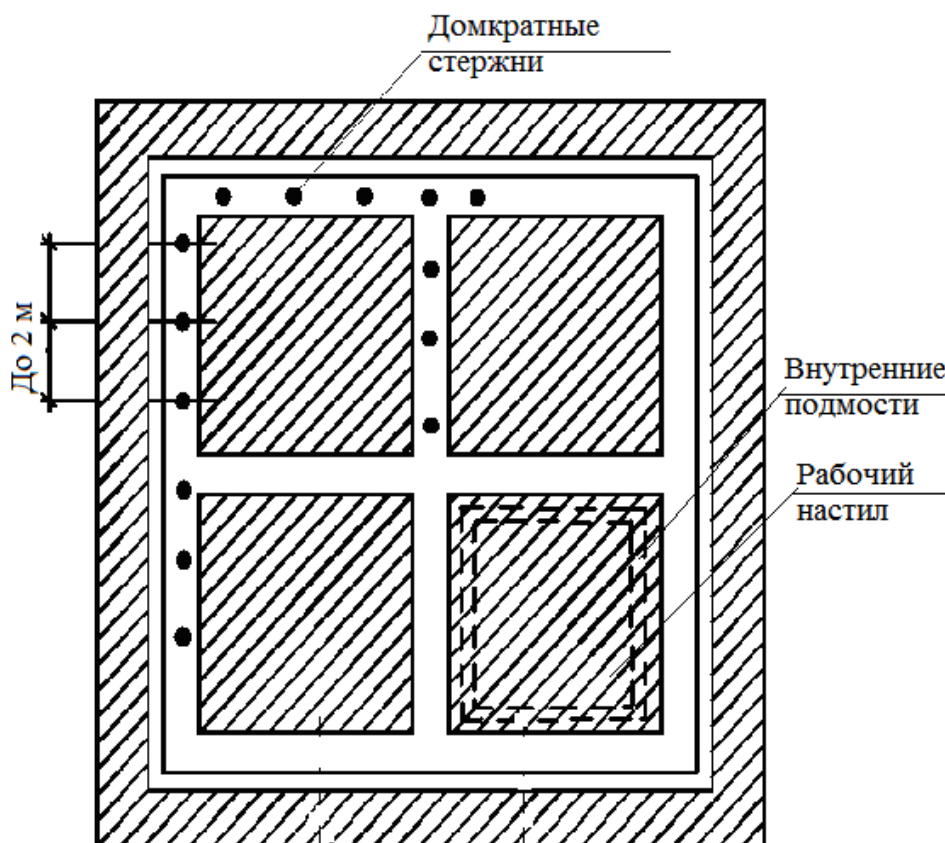


Рис. 186. Установка домкратных стержней

Особое внимание уделяют состоянию средств механизации, так как выход из строя одного из механизмов приводит к нарушению ритма всего потока.

Возведение жилых зданий в скользящей опалубке выполняют, как правило, с использованием башенных кранов. Для зданий повышенной этажности используют приставные краны, при высоте 9 ÷ 16 этажей применяют

краны на рельсовом ходу. На строительной площадке прокладывают временные подъездные пути, оборудуют места для приёма бетона из автобетоновозов в бункеры, площадки для складирования щитов опалубки, арматуры, проёмообразователей.

Принятое расположение кранов должно обеспечивать обслуживание вертикальным транспортом зону, необходимую при выполнении всего комплекса работ. При подаче бетона бетононасосами предусматривается специальная площадка для приёма бетона из расчёта одновременного пребывания на ней не менее двух автобетоносмесителей.

Возведение здания начинают с бетонирования опорного яруса высотой  $70 \div 80$  см. Бетон укладывают по периметру здания слоями толщиной  $30 \div 40$  см, с обязательным уплотнением вибрированием. После набора бетоном прочности равной  $1,5 \div 3$  МПа, плавно поднимают опалубку со скоростью  $20 \div 30$  см/ч и одновременно укладывают слой бетона толщиной  $20 \div 25$  см. Скорость подъёма опалубки назначают из условия набора прочности и твердения бетона. С учётом времени доставки и перегрузок бетонную смесь готовят на цементях с началом схватывания не менее трёх часов.

Бетон подают к месту укладки непосредственно в скользящую опалубку мото- и ручными тележками, откуда его загружают в пространство между щитами опалубки. Наиболее эффективным средством транспортировки являются бетононасосы в комплекте с распределительными стрелами (рис. 187).

Начальный период подъёма опалубки наиболее ответственный. Требуется тщательно контролировать сохранение геометрических размеров опалубки, предотвращать оплыв бетона, деформацию и потерю устойчивости опалубки. Чтобы избежать вытекания смеси через щель между опалубкой и основанием, перед укладкой первых порций смеси на опорной площадке монтируют лёгкие нащельники из кровельной стали. Иногда бетонируют в

стационарной опалубке высотой  $100 \div 120$  мм кольцо, которое служит как бы нижним слоем бетона для подвижных форм. Дальше ведут нормальный непрерывный подъём опалубки.

Наращивание домкратных стержней производят с разбивкой по высоте. Для этого первый ярус стержней устанавливают разной длины. Бетонную смесь укладывают равномерно по периметру опалубки. Каждый последующий слой укладывают до начала схватывания ранее уложенного. При уплотнении бетона вибраторы не должны касаться частей опалубки, так как передача ей колебаний может вызвать разрушение ранее уложенных слоёв, имеющих недостаточно высокую прочность. Наилучшие условия взаимодействия скользящей опалубки с уложенным бетоном создаются при прочности выходящего из-под щитов бетона в пределах  $0,2 \div 0,3$  МПа. Бетон, освобожденный от опалубки, будет твёрдый на ощупь, но следы от опалубки можно легко загладить.

При меньшей прочности бетона возможны деформации, а при большей ухудшаются условия подъёма, так как скольжение опалубки происходит не по пластичной смеси, а по затвердевшему бетону.

Скорость подъёма опалубки определяется из условия достижения бетоном необходимой прочности по формуле:

$$V = \frac{H_{\text{оп}} - a - h_{\text{сл}}}{t_p}, \quad (11)$$

Где  $V$  - скорость подъёма опалубки;

$H_{\text{оп}}$  - высота опалубочного щита;

$a$  - расстояние от верха щита до верхнего слоя укладываемого бетона;

$h_{\text{сл}}$  - высота слоя бетона;

$t_p$  - время набора прочности, достаточной для распалубки.

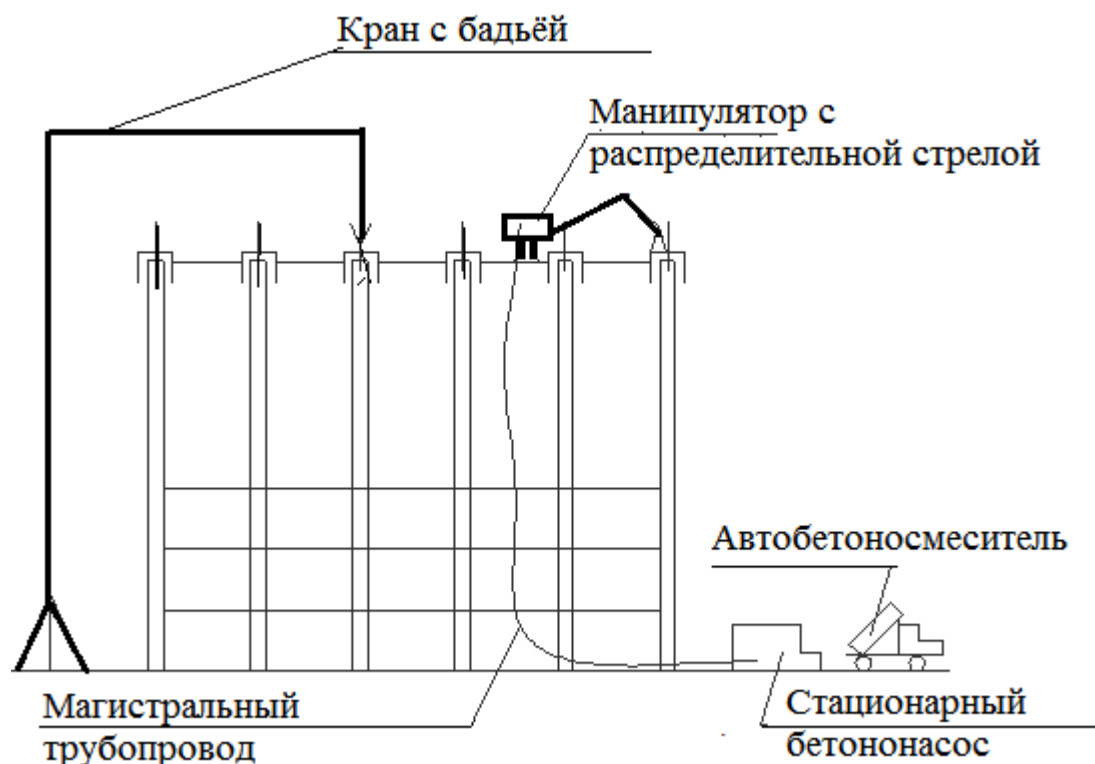


Рис. 187. Подача бетона в опалубку

Уровень бетонной смеси должен быть всегда на 50 мм ниже верха опалубки.

Средняя скорость подъёма при температуре  $15 \div 20$  °С составляет  $10 \div 20$  см/ч (от 1,5 м до 3,0 м в смену). По окончании бетонирования необходимо продолжать подъём опалубочных форм до конца схватывания цемента в верхнем слое бетона и появления между бетоном и стенками опалубки различного на глаз зазора.

Поверхность стен, бетонируемых в подвижной опалубке, следует затирать немедленно стальными тёрками без добавления раствора, лишь слегка смачивая водой.

В процессе подъёма необходимо тщательно следить за толщиной защитного слоя арматуры, равного 25 мм. Подвижность бетонной смеси должна быть в пределах 12 см. При ручном бетонировании целесообразно применение пластификаторов.

Дефекты бетонирования в виде разрывов бетона в горизонтальной плоскости, изгибов домкратных стержней, а также образование микротрещин целиком зависят от сцепления бетона с опалубкой.

Максимальное сцепление на ранней стадии твердения наблюдается у стали, а минимальное у текстолита, фторопласта и стеклопластика. Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости использования в качестве контактных материалов опалубки полимерных материалов. Это в три раза снижает сцепление с бетоном по сравнению с остальными материалами.

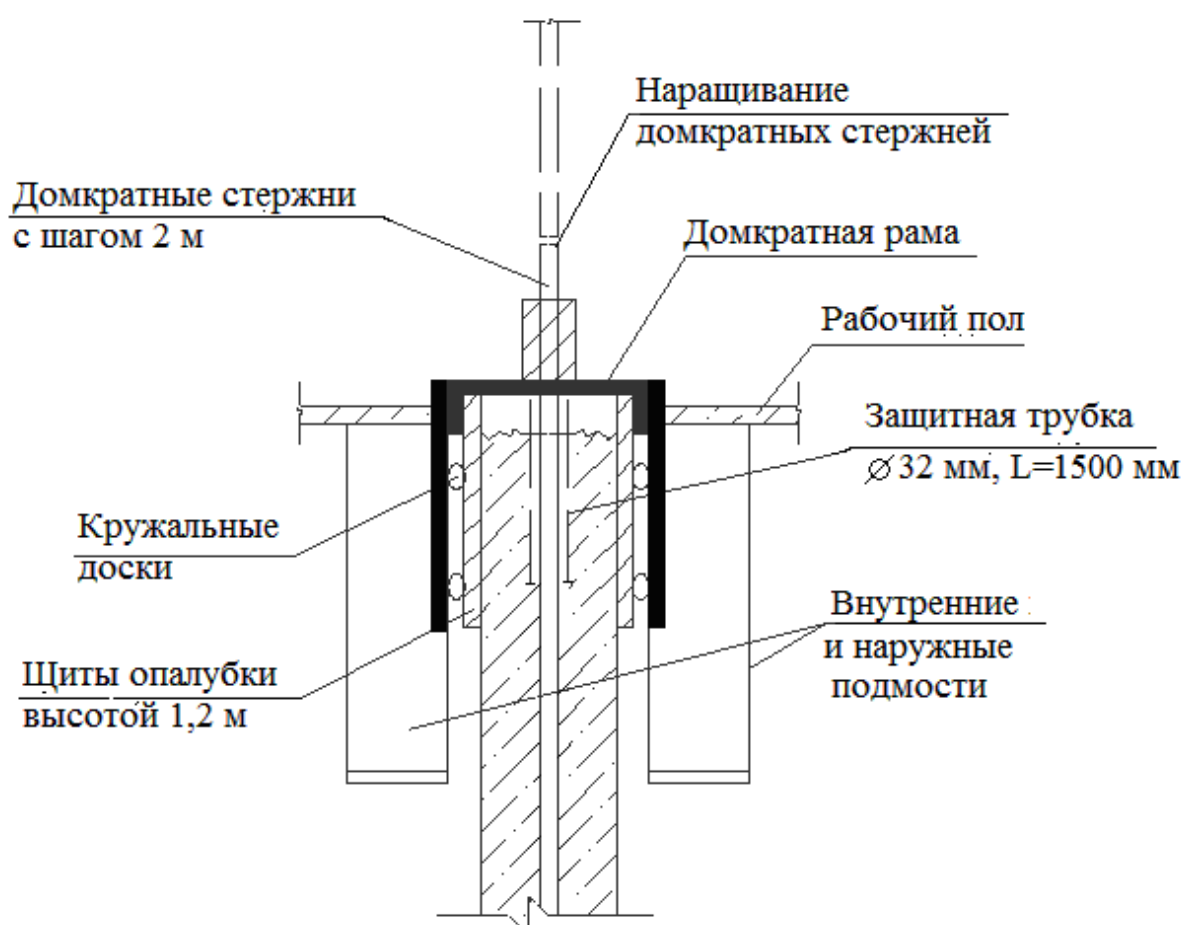


Рис. 188. Конструкция скользящей опалубки

Максимальный размер конструкции, возводимой в скользящей опалубке, составляет 12×12 м, толщина стены до 900 мм. Скорость подъема опалубки составляет в среднем 12,5 см/ч. За один цикл осуществляется подъем щитов опалубки на 25 ÷ 50 мм.

Организационно-технологическую сложность представляет процесс возведения перекрытий.

Междуэтажные перекрытия устраивают несколькими способами:

1. из сборных железобетонных плит размером на комнату после возведения стен;
2. монолитные перекрытия бетонизируемые «снизу вверх», также после возведения стен (рис. 189);
3. поэтажным способом, когда совмещают бетонирование стен и перекрытий (рис. 190);
4. бетонирование «сверху вниз» (рис. 191);
5. бетонированием в процессе возведения стен с отставанием на два- три этажа.

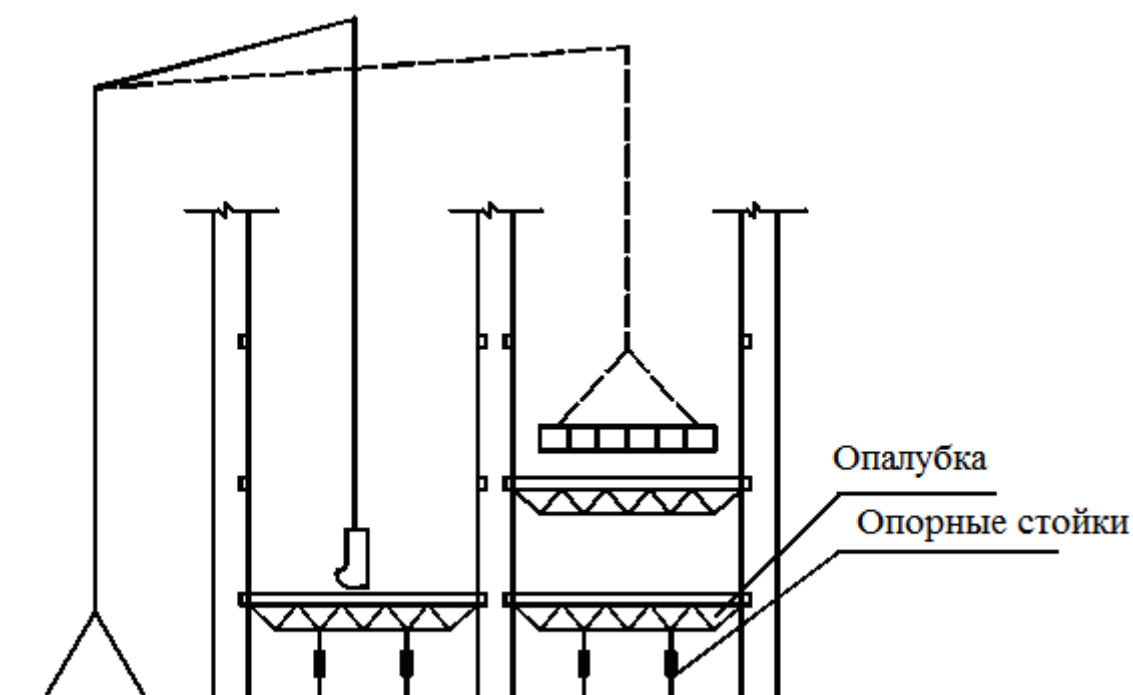


Рис. 189. Бетонирование перекрытий «снизу вверх»

При устройстве монолитного перекрытия «снизу вверх» используется щитовая инвентарная опалубка, которая опирается на инвентарные прогоны и стойки. Арматурные сетки перекрытий фиксируют с помощью сварки к армокаркасам через гнёзда и штрабы, оставляемые в стенах. Бетонную смесь в перекрытия подают башенным краном, а также закачивают бетононасосами с распределительными стрелами. К бетонированию последующего перекрытия приступают после полного завершения работ на предыдущем перекрытии и набора бетоном необходимой прочности.

Демонтаж опорных стоек и ригелей производится после приобретения бетоном распалубочной прочности с учётом нагрузок, действующих от вышележащего перекрытия.

При поэтажном способе бетонирование перекрытий совмещают с бетонированием стен. Для удобства ведения работ внутренние щиты опалубки выполняют короче наружных на толщину перекрытия (рис. 190). После завершения бетонирования стен на высоту этажа скользящую опалубку устанавливают строго на уровне перекрытия. Затем устанавливают опалубку междуэтажного перекрытия.

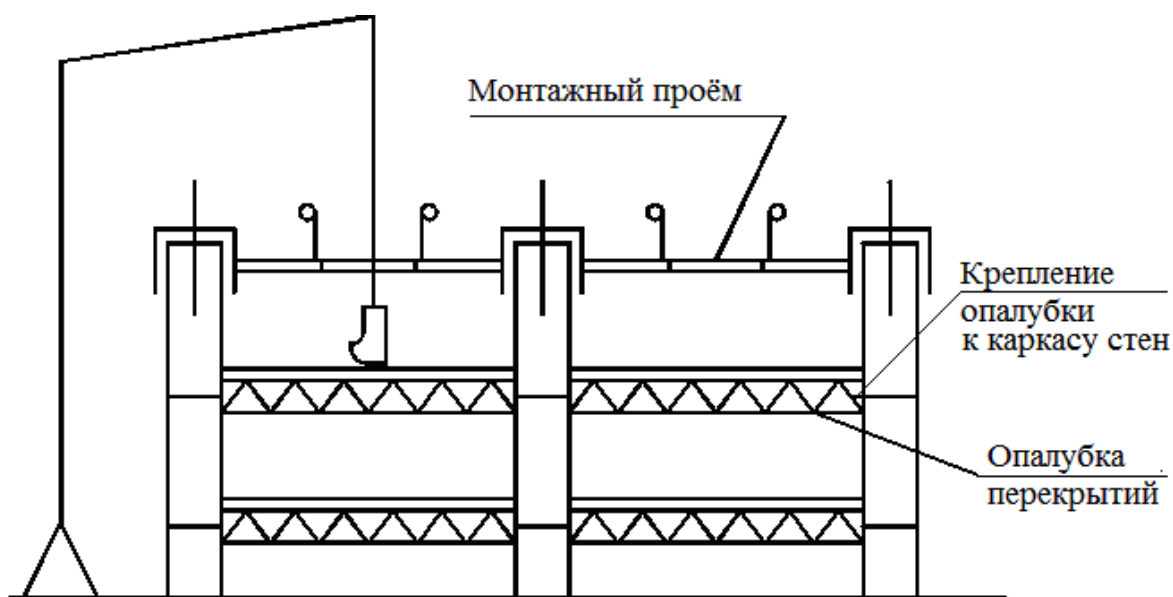


Рис. 190. Бетонирование перекрытий одновременно с возведением стен

Щиты опалубки опирают на прогоны, которые крепятся к стенам с помощью анкеров. Армокаркасы и бетонную смесь подают краном через монтажные отверстия в рабочем настиле скользящей опалубки. После завершения бетонирования перекрытий продолжают возведение следующего этажа. Данная технология предусматривает обязательную остановку опалубки, что усложняет общую технологию производства работ.

Способ бетонирования перекрытий «сверху вниз» (рис. 191) нашёл распространение в Швеции, США и других странах как наиболее технологичный. Этот способ используется, когда стены возводятся на всю высоту. Не демонтируя скользящую опалубку, на её рабочем полу устанавливают специальные лебёдки с гибкими тягами, на которые подвешивают инвентарную опалубку перекрытий. Опалубка состоит из телескопических прогонов и щитов.

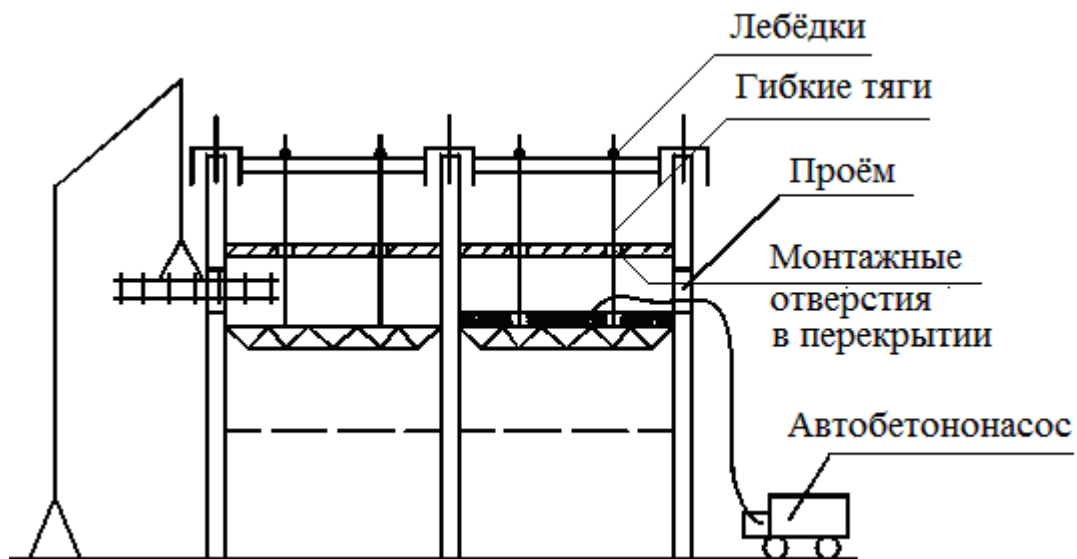


Рис. 191. Бетонирование перекрытий «сверху вниз»

После установки опалубки и армирования производят бетонирование с помощью бетононасосов. После приобретения бетоном распалубочной прочности производят демонтаж опалубки и перемещают её вниз, на отметку следующего перекрытия.

С целью механизации отрыва щитов опалубки от бетона используют пневматические приспособления, которые укладывают в специальные гнезда до укладки бетона. После набора прочности с помощью компрессора подаётся избыточное давление, и опалубка отделяется от бетона. Применение литой бетонной смеси сокращает до минимума трудоёмкость разравнивания, уплотнения и отделки горизонтальных поверхностей перекрытий.

### **Самоподъёмная опалубка**

Дальнейшее развитие метода возведения зданий и сооружений идет по пути перехода на подъёмную и самоподъёмную опалубки. Зарубежный опыт показывает, что использование самоподъёмной опалубки в сочетании с литыми бетонными смесями более эффективно, чем скользящей. Высокое качество поверхности, получаемое при бетонировании, обеспечивается тем, что её щиты остаются неподвижными во время схватывания бетонной смеси. Бетонирование в такой опалубке может быть приостановлено в любой момент без нарушения качества работ. Самоподъёмная опалубка унифицирована и может применяться для разных конструкций.

Бетонирование конструкций ведётся ярусами высотой на один этаж. Первый ярус бетонируется в стационарной опалубке с установкой закладных деталей для крепления подъёмного башмака (рис. 192).

После набора необходимой прочности через подъёмный башмак на стену навешивают самоподъёмные подмости с опалубочными щитами для бетонирования стены второго яруса. После бетонирования и набора прочности бетоном второго яруса (рис. 193) щиты опалубки отодвигают, и производят подъём подмостей на следующий ярус. Подъём подмостей производят по направляющим, закреплённым к опорным башмакам.

Впервые самоподъёмная опалубка была применена в 1972 году.

На консольно-переставные леса впервые были установлены крупные опалубочные элементы. В самоподъёмной опалубке появилась возмож-

ность перемещать опалубку и консольно-переставные леса одним рабочим циклом крана. Оставшуюся на лесах опалубку отодвигают и после её очистки снова перемещают в положение для бетонирования.

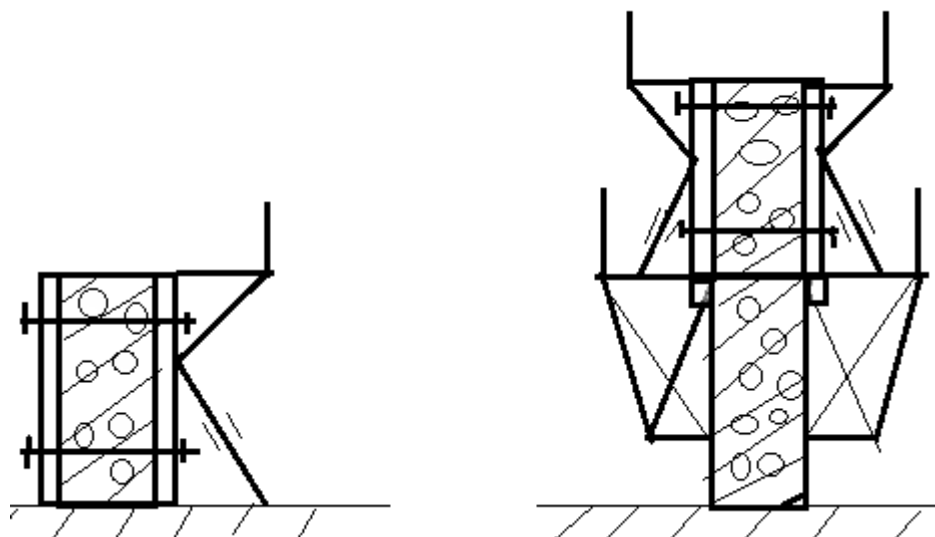


Рис. 192. Бетонирование первого и второго яруса

Установка и снятие опалубки, подъём опалубки без помощи крана ускоряет ход работ и обеспечивает их независимость друг от друга.

Самоподъёмная система работает безопасно при любой погоде. Строители работают на широких, всесторонне огороженных рабочих лесах. Рабочие леса могут выдерживать большие нагрузки, например, запас арматуры.

Нагрузки от консольно-переставных лесов должны надёжно передаваться через анкерное крепление на сооружение.

Опалубка может отодвигаться на расстояние до 80 см по направляющим, что позволяет вести любые опалубочные работы.

Подъём осуществляется посредством гидравлического привода.

Самоподъёмная опалубка может работать как с рамной, так и с балочной системой щитов. Может перемещаться по наклонным конструкциям, а также по стене разной толщины.

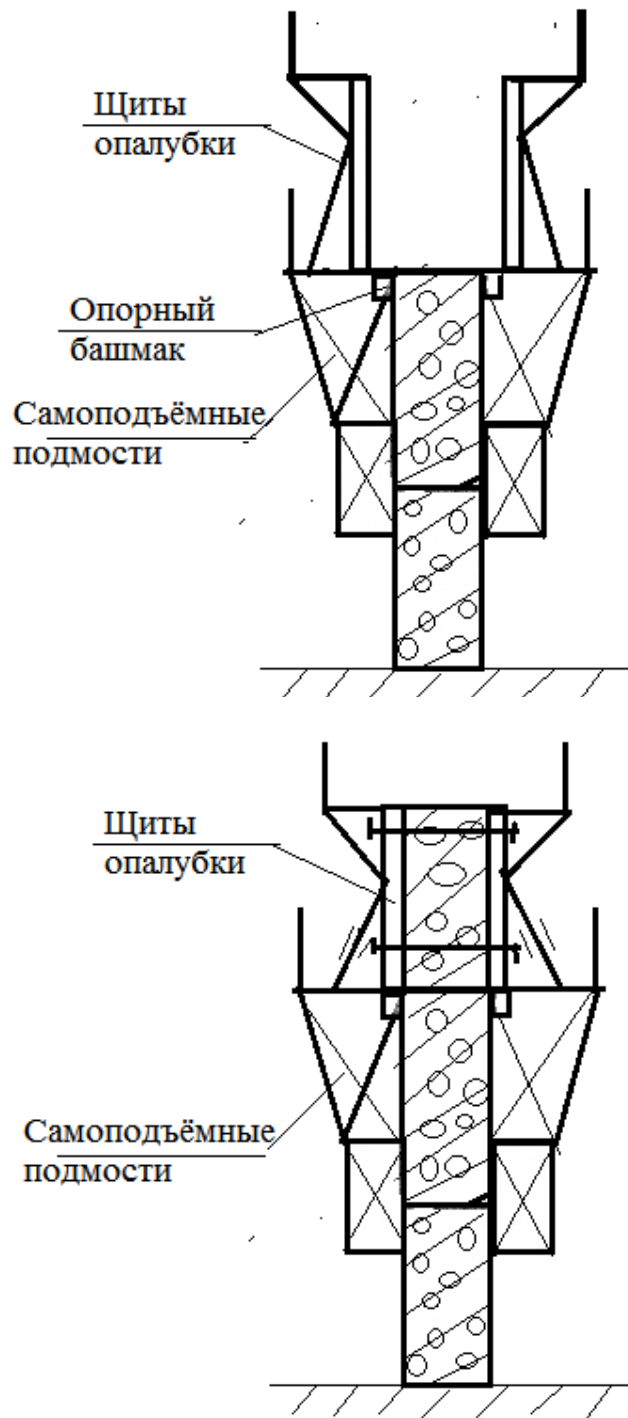


Рис. 193. Бетонирование третьего яруса

Подъёмный башмак устанавливают на верху каждого забетонированного яруса с помощью анкерного крепления. К башмаку крепят направляющие, по которым поднимают всю конструкцию лесов.

## Лекция 4.3 Несъемная опалубка. Пневмоопалубка

### Возведение зданий в несъемной опалубке

Дальнейшее развитие и интенсификация монолитного домостроения идёт по пути рационального использования элементов сборного железобетона. Большая эффективность достигается при комбинированном применении сборно-монолитных ограждающих конструкций стен, перекрытий и других конструктивных элементов. Высокое качество лицевых поверхностей позволяет существенно снизить затраты на отделочные работы и сократить трудоёмкость работ за счёт исключения цикла демонтажа опалубки (рис. 194).

Виды конструктивных решений наружных стен:

1. скорлуп из монолитного керамзитобетона;
2. скорлуп с наклеиваемым утеплителем из пенополистирола и внутренним слоем из тяжелого бетона;
3. несъёмная опалубка с наружной и внутренней стороны, заполнение пространства теплоизоляционно-конструкционным бетоном и т. д.

Такое решение позволяет существенно улучшить теплотехнические характеристики конструкций наружных стен, а также интенсифицировать процесс их возведения путём использования высокопроизводительных агрегатов для приготовления таких материалов непосредственно на перекрытии этажа.

Использование несъёмной опалубки перекрытий из ребристых тонкостенных железобетонных элементов с последующим их омоноличиванием приводит к значительному сокращению трудозатрат и сроков строительства.

Использование сборных плит перекрытия исключает эффективность от совместной работы стен и перекрытий. Использование тонкостенных скорлуп и их омоноличивание исключает этот недостаток.

Несъёмная опалубка перекрытий изготавливается на стройке из тонкослойных скорлуп толщиной  $6 \div 8$  см. В монолитном слое возможно исполь-

зование пенобетона. Использование бетонов меньшей плотности приводит к улучшению звуко- и теплоизоляционных характеристик конструкции. Особое внимание в конструкции сборно-монолитных перекрытий должно уделяться обеспечению надёжности сцепления между скорлупой и бетоном, необходимого для совместной работы. Для этого в несъёмной опалубке оставляют выпуски арматуры.

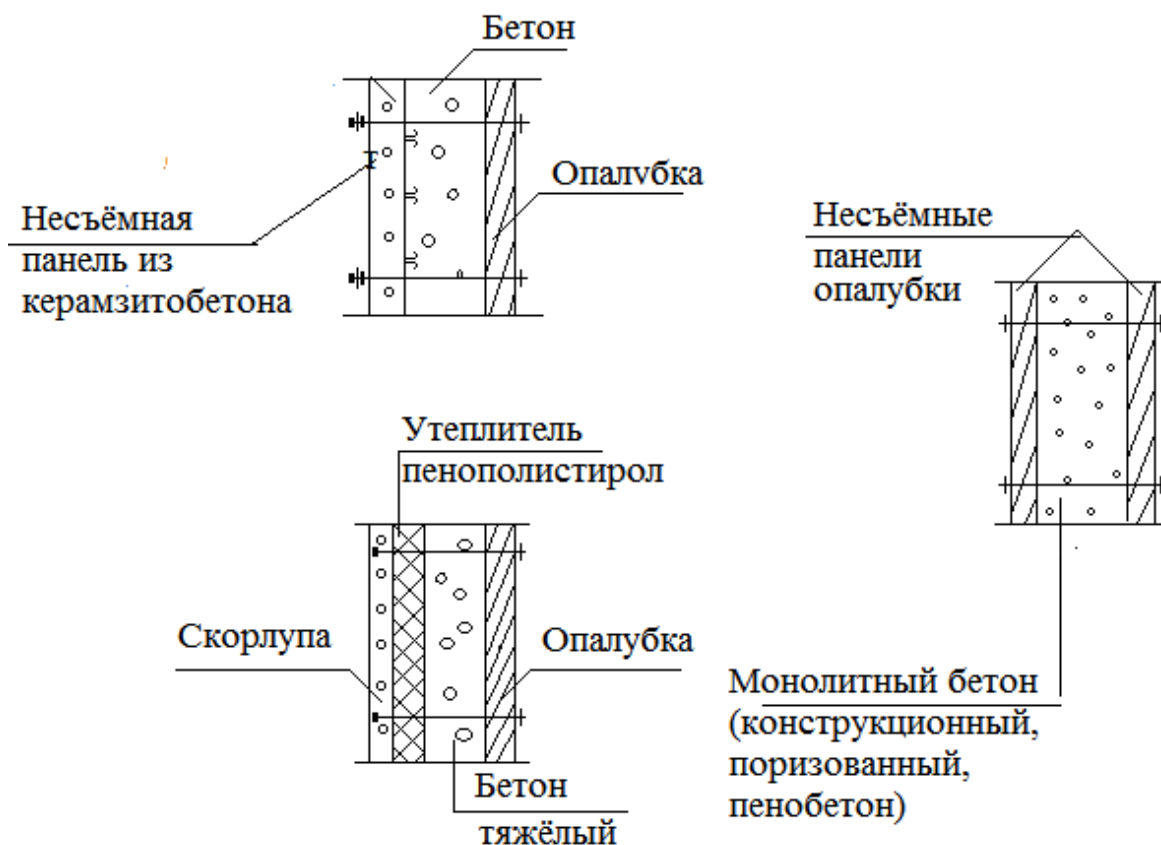


Рис. 193. Конструкции стен с несъёмной опалубкой

Технологической особенностью возведения стен в несъёмной опалубке является создание условий, снижающих динамические нагрузки от укладываемого и вибрируемого бетона на элемент опалубки и предотвращающих их деформирование. Для этой цели могут быть использованы специальные кондукторные системы (рис. 194), снижающие свободный пролёт опалубки и

воспринимающие нагрузки от укладываемой и вибрируемой бетонной смеси в период укладки и начального твердения. Это позволяет существенно снизить степень армирования и уменьшить сечение железобетонной панели опалубки, оставив за ней функцию облицовки.

Опалубка наружных стен имеет верхний и нижний опорный пояс. Нижний ярус демонтируется вместе со щитом опалубки, а верхний остаётся и служит маяком для установки следующего яруса опалубки.

Наибольший эффект использования несъёмной опалубки достигается в малоэтажном строительстве. При этом существенно улучшается качество конструкций. Опыт использования несъёмной опалубки показывает целесообразность её применения при технико-экономическом обосновании.

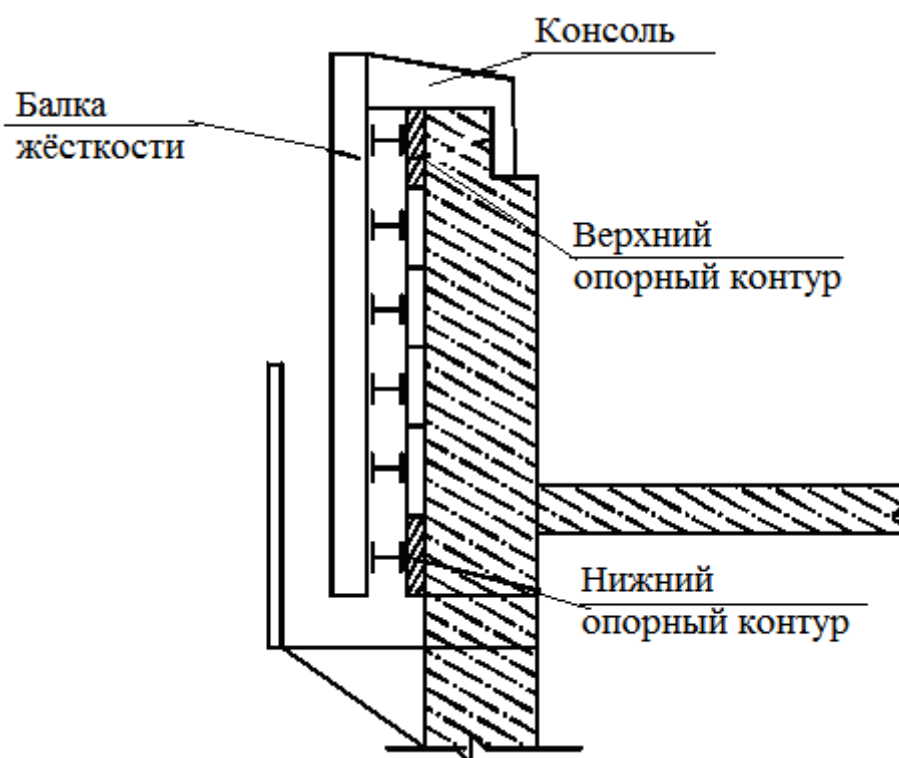


Рис. 194. Кондуктор для несъёмной опалубки

## **Монолитный бетон в индивидуальном жилищном строительстве**

Принципиально различаются два способа возведения зданий способом монолитного бетонирования: в щитовую и в несъёмную опалубку. В связи с технологическими особенностями щитовая опалубка более подходит для многоэтажных зданий; несъёмная опалубка чаще применяется для малоэтажных зданий.

В настоящее время используют два вида несъёмных опалубок. Первый представляет собой довольно крупные пустотелые блоки, из которых монтируют стены и перекрытия. После монтажа их заполняют бетоном. В качестве материала для блоков используют вспененный полистирол, древесно-цементные смеси, керамзиты, шлаки. Таким образом, бетонное ядро обеспечивает прочность конструкции, а лёгкая оболочка блоков - необходимую теплоизоляцию (рис. 196). К безусловным достоинствам таких конструкций можно отнести простоту и высокую скорость монтажа, отличные теплотехнические свойства, невысокие требования к квалификации строителей. Недостатком является слабая несущая способность, высокая пожароопасность (полистирол).

Продуманная технология возведения домов из блоков гарантирует высокие темпы строительства. Уложенные друг на друга пенополистирольные блоки образуют этажи. Оригинальную систему лесов устанавливают на полипропиленовые перемычки в блоках. Она гарантирует строгую вертикальность стены при заливке бетоном. Арматуру укладывают в специальные пазы этих перемычек. При одной заливке бетоном этаж готов к возведению перекрытий.

Все пенополистирольные элементы имеют огнеупорные добавки, вносимые при их производстве. Использование системы защищает застройщиков от некачественной работы строителей. Простота системы позволяет избежать ошибок и брака в процессе возведения.

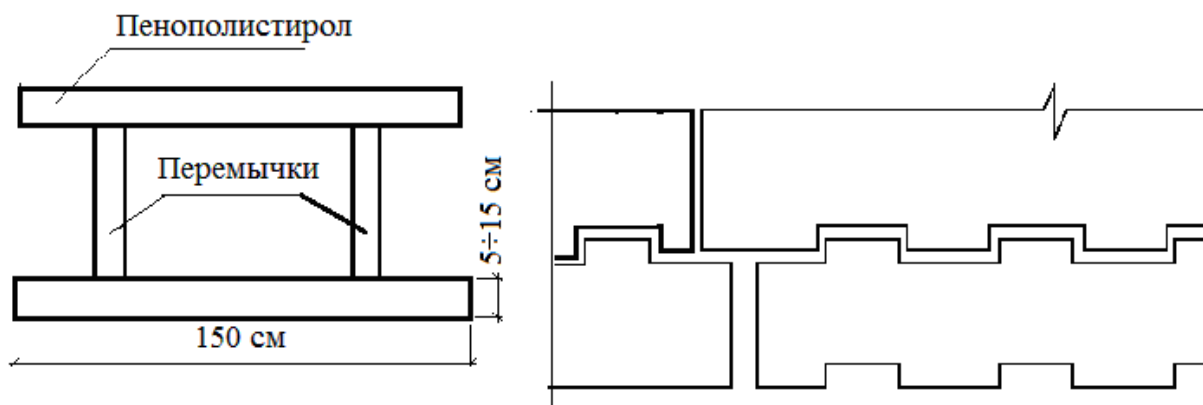


Рис. 196. Блочная опалубка из пенополистирола

Второй вид несъёмных опалубок представляют собой специальные щиты, из которых собирают опалубку стен и перекрытий. Пространство между щитами заполняют бетоном, керамзитобетоном или пенобетоном. Материалами для щитовой опалубки служит стеклофибробетон, прессованная стружечно-цементная плита, плотный пенополистирол. Каждый производитель предлагает свой способ монтажа щитов опалубки, препятствующий расpirанию при бетонировании и обеспечивающий долговечное сцепление опалубки с бетонным ядром.

Преимуществами щитовой (рис. 197) технологии перед блочной технологией являются: повышенная несущая способность, широкие архитектурные возможности, легко достигаемая необходимая теплоизоляция и огнезащита. Наиболее известна технология австрийской фирмы «Велокс». Конструкции «Велокс» отвечают любым требованиям по теплоизоляции, их можно легко и без дополнительных затрат переналадить под любые виды утеплителя.

Эффективная теплоизоляция располагается в наружном слое конструкции. Толщина наружных и внутренних несущих стен  $350 \div 370$  мм прекрасно сохраняет тепло и приводит к снижению нагрузки на фундамент.

Применение системы «монтажное ядро в несъёмной опалубке» позволяет сокращать в 1,5 раза сроки строительства по сравнению с традиционными

ми методами, на 30 % себестоимость, а также снижать расходы на отопление зданий. Электропроводку прокладывают в бороздах, которые фрезеруются во внутренней опалубке.

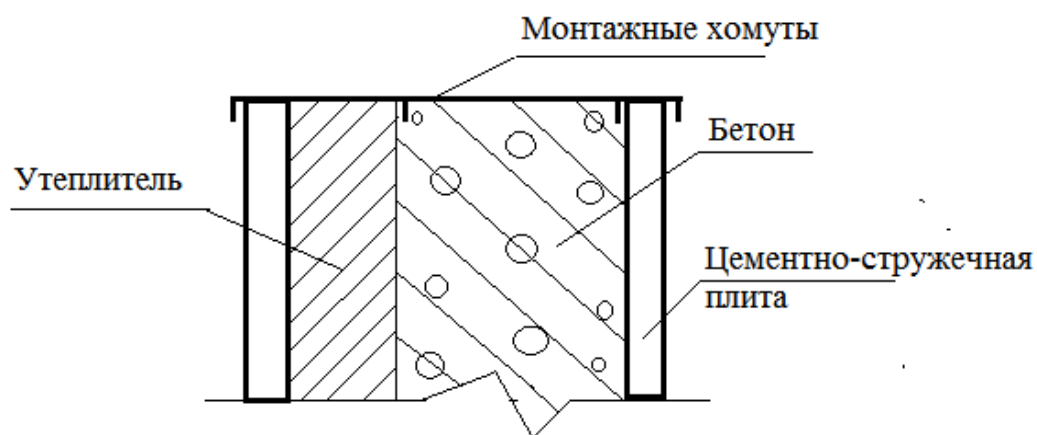


Рис. 197. Щитовая несъемная опалубка

Базовый элемент конструкции – цементно-стружечная плита 200×50 см, толщиной 35 ÷ 50 мм. Исходным сырьём для производства опалубки служит древесная щепа. Плита легко обрабатывается, имеет хорошее сцепление с бетоном, штукатуркой, на неё хорошо ложится любая краска. Наружная панель многослойная: со слоем минеральной ваты или пенополистирола. Отделка снаружи и внутри любая. Плиты «Велокс» утеплённые, что позволяет вести строительство при отрицательных температурах. Плотность плит 400 ÷ 850 кг/м<sup>3</sup>, огнестойкость трудногорючий класс Г 1.

### **Возведение сооружений в пневматической опалубке**

Отечественный опыт возведения тонкостенных пространственных конструкций с использованием пневматической опалубки базируется на применении двух разновидностей технологии укладки бетона.

Первая разновидность укладки заключается: нанесение бетона на разостланную в горизонтальном положении опалубку с последующим приведением её в проектное положение подачей воздуха под давлением. По этому способу предварительно возводят фундамент, над ним расстилают пневмо-

опалубку, закрепляя её к якорям. У фундамента опалубка образует складки, к ней прикрепляют открылки для бетонирования нижней части свода. Поверх разложенной опалубки укладывают арматуру, а затем бетонную смесь (рис. 198), которая накрывается эластичным полотнищем из полимерной пленки. При нагнетании воздуха опалубка вместе с бетонной смесью поднимается в проектное положение (рис. 199). Бетонная смесь и арматурное заполнение деформируются, увеличивая свою площадь в  $1,5 \div 2$  раза. Указанным способом возводятся купольные и сводчатые покрытия диаметром до 12 м и пролетом  $6 \div 18$  м.

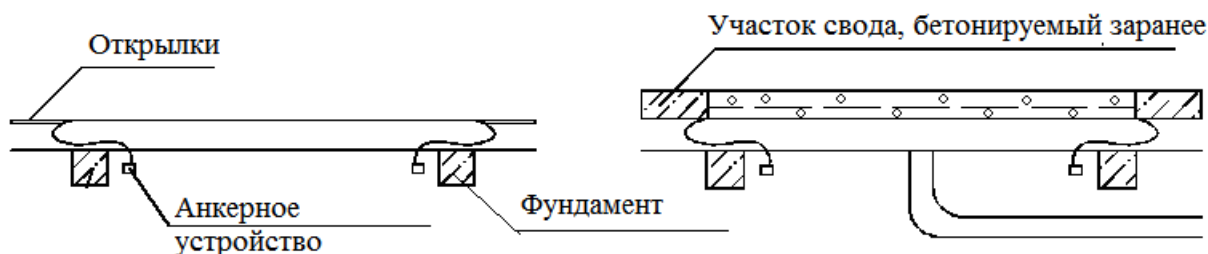


Рис.198. Нанесение бетона на ненадутую опалубку

Для исключения сползания бетона укладывают спиральную арматуру и используют укрытие полимерной пленкой. Бетонную смесь уплотняют поверхностными вибраторами или виброрейками. Дополнительное уплотнение производят после подъема опалубки.

Основными недостатками данной технологии являются неуправляемые деформации свежеложенного бетона при подъеме, случайный характер изменения геометрического положения арматурного каркаса, разрушение структуры бетона и ухудшение его физико-механических свойств. Существенную трудность представляет процесс сохранения вертикальности стенок, примыкающих к основанию фундамента.

Вторая разновидность заключается в нанесении бетонной смеси на надутую опалубку.

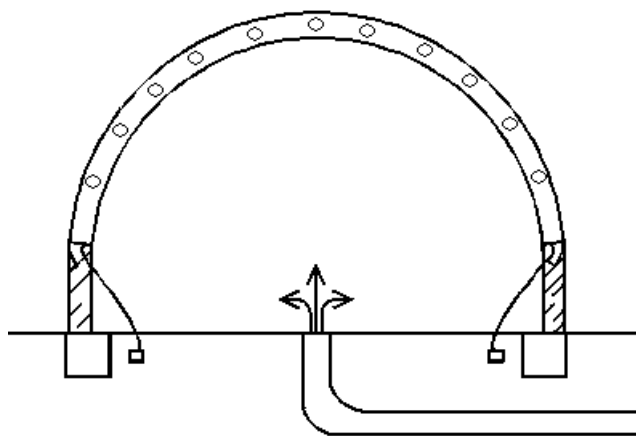


Рис. 199. Подъём конструкции надуванием опалубки

Нанесение бетонной смеси на мягкую, надутую пневмоопалубку не отличается от бетонирования по жёсткой опалубке. Однако, из-за недостаточной жёсткости, опалубка не может воспринимать динамические нагрузки от выгрузки бетонной смеси из бадьи, вибрирования и подачи бетононасосом.

Одним из возможных технологических решений является бетонирование методом набрызга. Бетонирование ведётся кольцами (ярусами) высотой 2 м от нижней части к замку. Определённые сложности возникают с армированием. Иногда арматуру укладывают в горизонтальном положении и поднимают вместе с опалубкой. Каркасы связывают с разбежкой швов. До подъёма каркасы крепят к арматуре фундамента.

Правильность геометрической формы пневмоопалубки проверяется визуально. Дефекты устраняются регулировкой длины формообразующих канатов. Для достижения стабильных размеров пневмоопалубку рекомендуется выдержать под рабочим давлением 0,05 МПа до начала её эксплуатации. Для прохода рабочих под опалубку устраивают входной шлюз. Для бетонирования используют мелкозернистый бетон, приготовленный непосредственно на строительной площадке. Смесь наносят установкой «Пневмобетон» в комплекте с автогидроподъёмником АГП-18 (рис. 200). Толщина слоя контролируется установкой маяков.

Для предотвращения высыхания твердеющего бетона от воздействия ветра и солнечной радиации его поверхность сразу покрывают (также методом напыления) защитной плёнкой, препятствующей активному испарению воды. После окончания строительства эта защитная плёнка служит в качестве гидроизоляции.

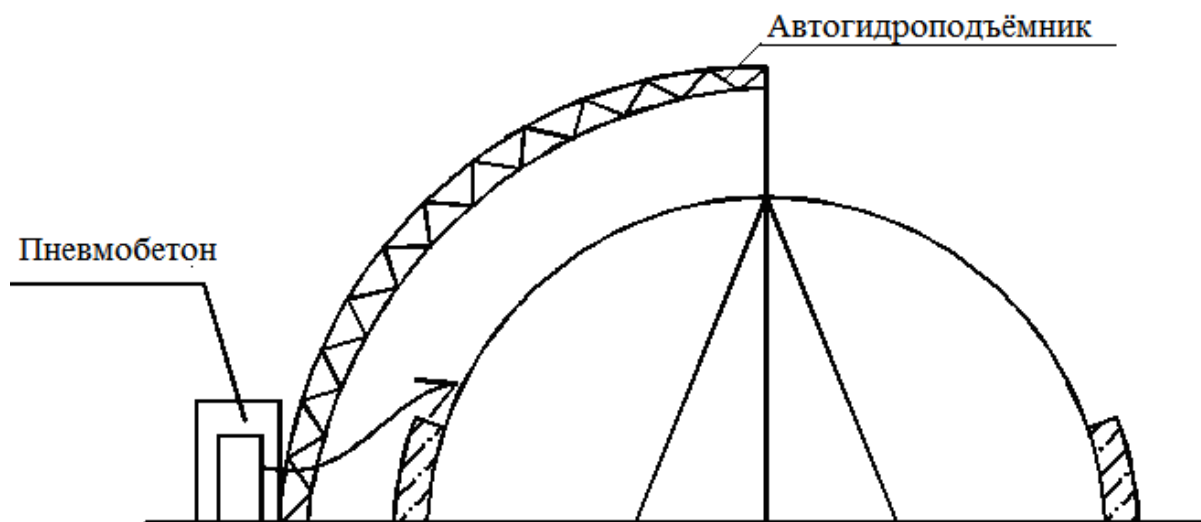


Рис. 200. Нанесение бетона на надутую опалубку

При достижении бетоном проектной прочности осуществляют распалубку. Пневмоопалубка сокращает сроки строительства в два раза, трудоёмкость на 70 % и себестоимость на 25 ÷ 30 %. Дальнейшее развитие пневмоопалубочных систем идёт по пути использования их для возведения вертикальных и линейно-протяженных сооружений, элементов зданий элеваторов, насосных станций, путе- и трубопроводов, коллекторов и тоннелей (рис. 201).

Опалубку выполняют из высокопрочных прорезиненных тканей. Оборачиваемость опалубки достигает 20 раз. Давление подаваемого воздуха 0,05 МПа.

При возведении пространственных конструкций при использовании пневмоопалубки производят следующие виды работ:

1. планировку площадки бульдозером;

2. устройство свайного монолитного фундамента и монолитного ростверка;
3. установку элементов крепления пневматической опалубки;
4. раскладку, выверку и закрепление пневматической опалубки;
5. подготовку к работе воздухоподающей установки и оборудования для нанесения бетонной смеси;
6. уход за бетоном и демонтаж опалубки.

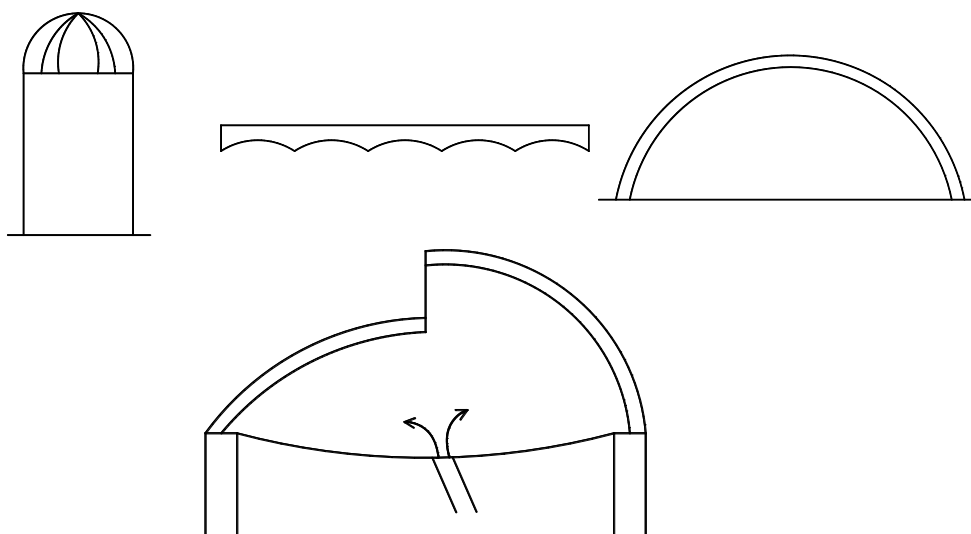


Рис. 201. Виды конструкций, возводимые в пневматической опалубке

Одним из примеров использования технологических возможностей пневматической опалубки является её применение в качестве монтажного устройства. В этом случае предусматривают подъём плит покрытия в проектное положение при помощи пневмоопалубки после того, как бетон набрал проектную прочность. Этот способ рационален лишь для простейших сооружений с двухскатным кровельным покрытием.

После устройства фундамента и пола на уровне горизонтального основания расстилают ненадутую опалубку, на которую устанавливают арматуру, затем бетонируют две шарнирно-соединённые плиты покрытия (рис. 203). После набора бетоном проектной прочности подают под давлени-

ем воздух в опалубку. При подъёме плиты, поворачиваясь в шарнире, образуют двухскатное покрытие.

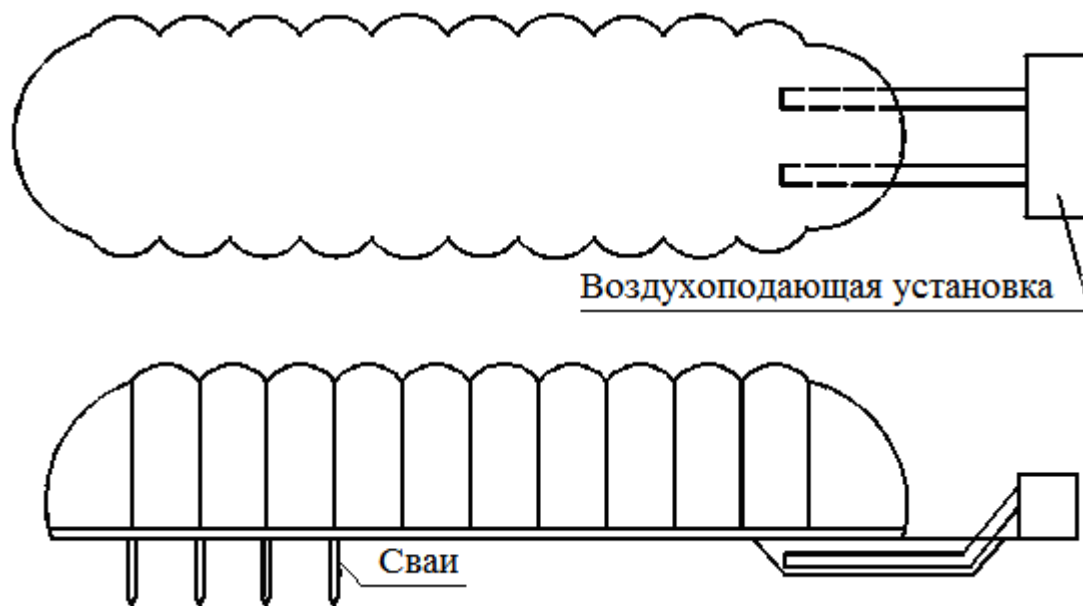


Рис. 202. Схема возведения конструкции в пневматической опалубке

Под покрытие подводят опоры, удаляют опалубку. Цельно-монолитное покрытие  $300 \text{ м}^2$  массой 60 т возводят без применения монтажных кранов за один приём.

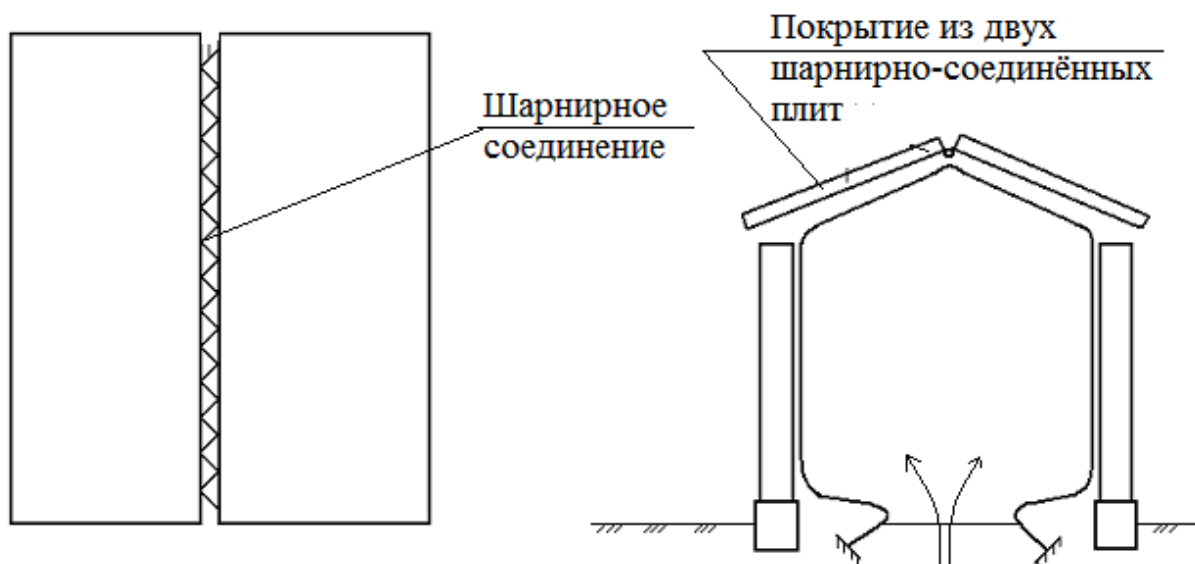


Рис. 203. Бетонирование и подъём покрытия с применением пневматической опалубки

## **Модуль 5. Технологические процессы при возведении зданий из кирпича**

### **Лекция 5.1 Конструктивные схемы кирпичных зданий. Монтаж сборных конструкций. Техника безопасности. Контроль качества**

#### **Возведение зданий из кирпича**

Несмотря на достаточно активное внедрение в российскую строительную практику новейших технологий, призванных ускорить и удешевить процесс возведения зданий, кирпич по-прежнему остается одним из наиболее популярных стеновых строительных материалов. Несмотря на всемирное стремление использовать индустриальные методы возведения зданий, объём каменных работ в современном строительстве остается значительным. В настоящее время строительный кирпич выпускается более чем на 800 предприятиях страны.

Характерно, что в последние годы многие предприятия, не отказываясь от производства традиционного кирпича, переориентировали свою деятельность на увеличение выпуска высококачественного облицовочного кирпича и расширение ассортимента именно этого вида продукции. Однако многие предприятия были построены более 40 лет назад и до сих пор используют морально устаревшие технологии. Степень износа основных фондов приближается к 80 %. Новые линии имеют только 10 % заводов. В Кирово-Чепецке построен новый завод, который оснащён немецким оборудованием и выпускает также пустотные керамические блоки.

Достоинства зданий из кирпича следующие:

1. для производства кирпича используют местное сырьё;
2. кирпич достаточно прочен, долговечен, огнестоек;
3. кирпич имеет высокие теплотехнические свойства;
4. использование кирпича позволяет возводить разнообразные по архитектурной выразительности здания.

Недостатки возведения зданий из кирпича следующие:

1. процесс кладки из мелкоштучных элементов не поддается механизации, что обуславливает высокую трудоёмкость работ;
2. в зимних условиях кладка требует специальных мероприятий, что приводит к удорожанию.

Перспективные направления кирпичного домостроения следующие:

1. использование высокопрочного кирпича;
2. армирование кладки;
3. применение пустотелого кирпича, облегчённых кладок, вибропанелей.

Для возведения зданий используют различные виды кирпича глиняного и силикатного.

Кирпич глиняный обыкновенный, или красный, получают из хорошо подобранной глины с минеральными и органическими добавками, методом прессования, сушки и обжига.

Кирпич силикатный изготавливают прессованием увлажнённой смеси песка с известью и другими вяжущими с последующим твердением под действием пара в автоклаве.

Размеры рядового кирпича -  $250 \times 120 \times 65$  мм, утолщённого -  $250 \times 120 \times 88$  мм, модульного -  $250 \times 138 \times 63$  мм (изготавливают по заявкам).

Кирпич производят полнотелый или пустотелый (различные виды пустот), клинкерный кирпич (особо плотный), кирпич для обеспечения бесшовной кладки (рис. 204), эффективный кирпич с закрытой системой пор, производят - путём обжига сырца с добавлением опила, суперэффективный кирпич получают, добавляя в массу перед обжигом шарики пенополистирола.

Объёмная масса кирпича обыкновенного силикатного –  $1900 \text{ кг/м}^3$ , пустотелого –  $1400 \text{ кг/м}^3$ , обыкновенного глиняного –  $1800 \text{ кг/м}^3$ , пустотелого –  $1300 - 1450 \text{ кг/м}^3$ .

Для кладки стен используют: цементные, известковые, цементно-известковые, цементно-глиняные растворы.

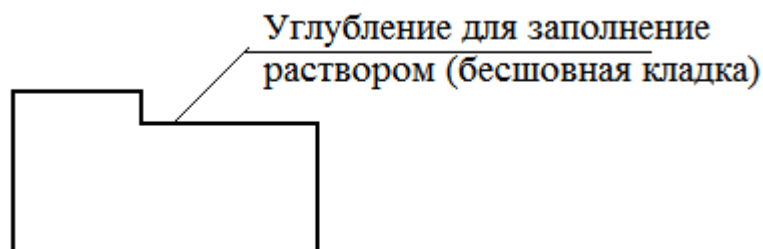


Рис. 204. Кирпич для бесшовной кладки

Марки раствора по прочности бывает 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200. Подвижность раствора для обычной кладки составляет  $7 \div 8$  см. Марка раствора назначается в зависимости от срока службы здания и условий эксплуатации (100, 50, 25 лет).

Для кладки пустотного кирпича следует использовать более лёгкие тёплые растворы (объёмной массой менее  $1600 \text{ кг/м}^3$ ).

Цементный раствор применяют для более нагруженных элементов здания, при мокром и влажном режиме эксплуатации.

Виды кладки: сплошная, кладка с облицовкой, облегчённая, многослойная, огнеупорная, бутобетонная.

Системы перевязки: однорядная; многорядная; четырёхрядная.

Многослойные кладки начали массово применяться с 1995 года, когда были повышены требования по термическому сопротивлению ограждающих конструкций.

В  $30 \div 50$  годах XX-го века облегчённая кладка применялась в зданиях высотой до пяти этажей с засыпкой шлака или шлакобетонных камней. Впервые в России 12 - этажный жилой дом с несущими стенами из кладки с уширенным швом, заполненным пенополистиролом, был построен в 1990 году.

В Англии многослойные стены начали возводить в середине XIX-го века. Многослойная кладка более сложная в исполнении, при несоблюдении технологии возведения наблюдаются массовые отказы систем. Дефекты зависят от проекта, но в большей степени от ошибок, допускаемых во время строительства.

#### Правила разрезки кладки.

1. Кладку необходимо вести рядами, параллельными между собой и перпендикулярными направлению действующей силы. При наклонном действии нагрузки угол наклона не должен превышать величину, при которой сдвигающие усилия уравновешиваются силами трения (рис. 122).

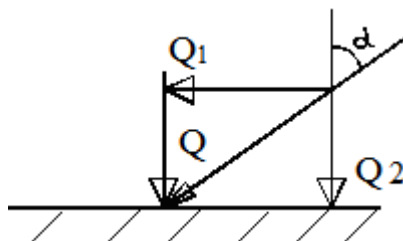


Рис. 205. Приложение силы

Сдвигающее усилие рассчитывается по формуле:

$$Q_1 < k \times F \quad (12)$$

Где  $Q_1$  – горизонтальное усилие;

$F$  – сила трения;

$k$  – коэффициент трения.

2. В пределах каждого ряда кладка должна члениться системой взаимно перпендикулярных и перпендикулярных постели плоскостей, одни из которых перпендикулярны наружной грани кладки, а другие параллельны ей (рис. 206).

3. Кладку следует вести с перевязкой швов.

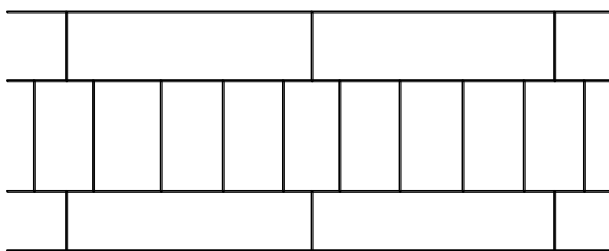


Рис. 206. Кладка кирпичей в ряду

При многослойной кладке (рис. 207, 208) к этим правилам добавляется установка утеплителя, связей между внутренним несущим слоем и наружным облицовочным, а также устройство вентиляционного зазора.

Для компенсации температурно-влажностных деформаций должны выполняться вертикальные деформационные швы.

Их отсутствие приводит к образованию вертикальных трещин в лицевом слое.

В уровне перекрытий необходимо устраивать горизонтальные деформационные швы. Их отсутствие приводит к разрушению кирпича лицевого слоя в уровне перекрытий.

Горизонтальные связи могут быть из стальных и пластиковых стержней или арматурных сеток. Распространёнными ошибками при устройстве гибких горизонтальных связей являются недостаточная стойкость к коррозии, неудовлетворительная анкеровка в кладку лицевого и внутреннего слоёв, большое расстояние между связями.

Пластиковые гибкие связи позволяют избежать мостиков холода, излишнего накопления влаги и связанных с этим разрушений.

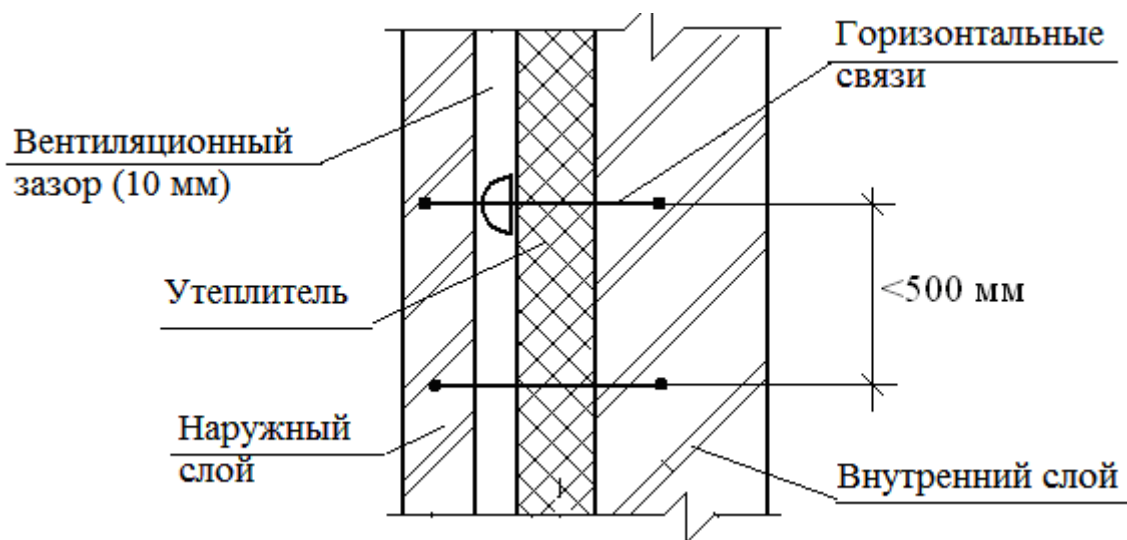


Рис. 207. Устройство многослойной стены

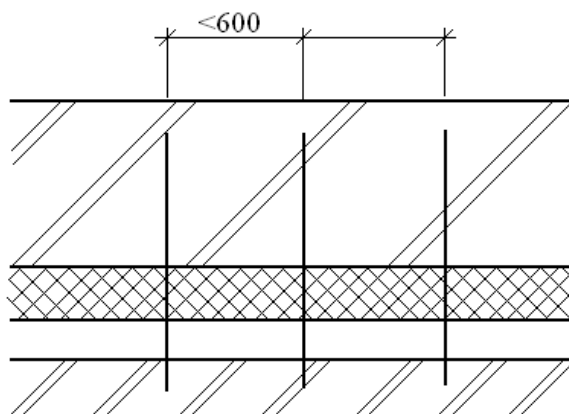


Рис. 208. Установка анкеров в плане

### Организация комплекса каменных работ

Основным методом производства работ является поточный метод, в основу которого положены следующие принципы:

1. ведение комплекса работ по захватно-ярусной системе;
2. расчленение комплекса работ на составляющие процессы и организация специализированных звеньев;
3. последовательное выполнение процессов специализированными звеньями комплексных бригад постоянного состава в одинаковом темпе, пе-

реход звеньев с захватки на захватку или бригад с объекта на объект через равные промежутки времени, называемые шагом потока;

4. увязка строительных процессов, выполняемых по захватно-ярусной системе с общим потоком по возведению здания.

При возведении многоэтажных зданий с железобетонными перекрытиями ведущими процессами являются кладка стен и устройство перекрытий, осуществляемые отдельно как самостоятельные процессы. Кладка ведут по-ярусно, монтаж поэтажно.

### **Деление здания на захватки**

При назначении границ захваток необходимо, чтобы объёмы каменных работ по трудоёмкости были примерно одинаковы и увязывались с месторасположением подъёмных механизмов.

При симметричном решении плана здания границы захваток назначаются около пересечения стен или по осям оконных проемов (секция жилого дома).

Кладка стен из обыкновенного кирпича и других штучных материалов выполняется по одно-, двух- или трёхзахватной системе.

Однозахватная система применяется преимущественно при строительстве односекционных домов и при наличии каменщиков, освоивших профессию монтажников.

Двухзахватная система применяется при строительстве двух-, трёх- и четырёхсекционных домов.

Трёхзахватная система применяется при пяти- и шестисекционных домах.

При возведении зданий с числом секций более шести работы ведут по двух- или трёхзахватной системе с разделением здания на два самостоятельных участка.

Схема развития потока бывает горизонтальная и вертикальная (рис. 209, 210).

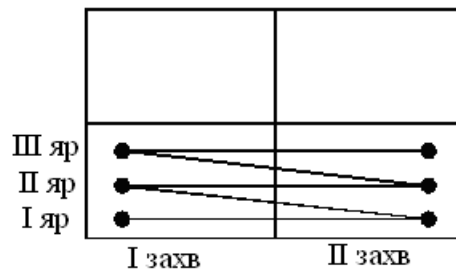


Рис. 209. Горизонтальная схема развития потока

Установка подмостей и заготовка материалов ведётся во вторую или третью смену. Бригада каменщиков занимает часть этажа здания - захватку, которую разбивает на деланки по количеству звеньев.

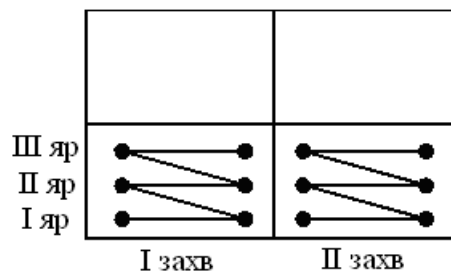


Рис. 210. Вертикальная схема развития потока

Поточно-расчленённый метод применяют для стен с большим количеством проёмов, а также для сложной кладки.

Длину деланки  $l_{дел}$  назначают из условия, что звено выполнит за смену всю длину на высоту первого яруса, и рассчитывают по формуле:

$$l_{дел} = \frac{N \times T \times k_n}{V \times H_{вр}}, \quad (13)$$

Где  $N$  – число рабочих в звене;

$T = 8,2$  (продолжительность смены);

$k_n$  – коэффициент перевыполнения норм;

$H_{вр}$  – норма времени на  $1 \text{ м}^3$ .

$V$  - объём кладки на 1 п. м, рассчитывается по формуле:

$$V = h_{яр} \times b, \quad (14)$$

Где  $h_{яр}$  – высота яруса;

$b$  – ширина кладки.

Длина делянки в зависимости от состава звена равна  $13 \div 40$  м. Например, при норме времени на  $1 \text{ м}^3$  кладки, равной 3 чел.час, длина делянки рассчитывается следующим образом:

$$l_{дел} = \frac{4 \cdot 8,2 \cdot 1,2}{1 \cdot 0,64 \cdot 3} = 20,5 \text{ м.}$$

Поточно-кольцевой метод эффективен при возведении зданий несложной формы в плане, со стенами простой и средней сложности, толщиной два-три кирпича, с проёмностью до 40 % и малым объёмом внутренних стен. Делянки не выделяются, а звенья из шести человек перемещаются вдоль возводимой стены: два каменщика выкладывают наружную версту, два каменщика - внутреннюю версту, два каменщика-забутовку.

### **Выбор грузоподъёмных машин и оборудования**

Для возведения подземной части жилых зданий из блоков применяют стреловые краны на колёсном или гусеничном ходу. Эти же краны выгодно применять при возведении каменных зданий небольшой высоты ( $8 \div 12$  м).

Строительство рассредоточенных, отдельно стоящих каменных зданий может быть осуществлено с применением лёгких переносных кранов.

Многоэтажные жилые и общественные здания высотой более 12 м возводят, используя башенные краны. Работу кранов следует организовывать в две или три смены.

Выбор кранов для возведения зданий сводится к определению их технических параметров и экономической целесообразности применения.

Для подъёма к рабочему месту людей, материалов и мелких деталей в ряде случаев используют подъёмники.

На строительстве одно- и двухэтажных зданий подачу кирпича можно осуществлять с помощью ленточного конвейера и средств малой механизации.

### **Транспортирование каменных материалов**

Кирпич следует перевозить пакетами на поддонах или в контейнерах, упакованных полиэтиленовой пленкой.

При перевозке на поддонах кирпич укладывают с перекрестной перевязкой или в «ёлку». Это позволяет пользоваться обычными автомобилями без дополнительных бортов и креплений, но требует дополнительных затрат. Пакеты с поддонами на брусках рекомендуется загружать на транспортные средства вилочным подхватом, а пакеты на поддонах с крюками – клещевым подхватом.

Для разгрузки и подачи на рабочее место применяют подхват-футляр или захват-футляр.

Применяют пакетную перевозку силикатного кирпича на специально оборудованных машинах.

Пирамидки кирпича устанавливают на деревянный поддон, укрепленный в кузове автомобиля, и увязывают ограждающими поясами из прорезиненной ленты с замковым устройством.

Для выгрузки и подачи на подмости применяется самозатягивающийся захват, что позволяет не укладывать кирпич на поддоны.

### **Организация приготовления и транспортирования раствора**

Приготовление строительного раствора в больших объёмах осуществляют централизованно на механизированных растворных заводах, а при не-

больших объёмах или при использовании добавок, ускоряющих процесс схватывания – на механизированных приобъектных или передвижных установках.

В случае отдалённого расположения растворного завода рекомендуется централизованно готовить и транспортировать на строительные объекты сухие растворные смеси с последующим их затворением на месте производства работ.

При приготовлении растворов необходимо выполнять дозирование, тщательно перемешивать раствор, контролировать подвижность раствора, соблюдать порядок загрузки составляющих в зависимости от вида раствора.

При выполнении обычной кладки подвижность раствора принимается равной  $7 \div 8$  см. Транспортирование растворных смесей заводского приготовления на строительные объекты осуществляют в специальных растворозах или приспособленных для этой цели автомобилях-самосвалах.

Из транспортных средств смесь выгружают в приёмно-расходные бункера или контейнеры-ящики, в которых её подают к рабочему месту. Растворную смесь доставляют на строительный объект в таком количестве, чтобы она вся была использована до начала схватывания.

Расслоившуюся растворную смесь перемешивают на месте. Нельзя применять схватившиеся и обезвоженные смеси.

При кладке из штучного кирпича 23 % объёма кладки занимает раствор, и его качество существенно влияет на прочность кладки.

Для подачи раствора на рабочее место применяют растворонасосы, а также раздаточные бункера и бадьи. Бадью поднимают краном на рабочее место и разгружают в несколько ящиков.

Кроме того, используют так называемый гирляндовый способ доставки раствора, который состоит в том, что ящики для раствора вместимостью  $0,25 \text{ м}^3$  устанавливают внизу на площадке в ряд по  $4 \div 5$  штук вплотную друг к другу и выгружают в них из автомобиля раствор.

После этого краном со специальной траверсой зацепляют один под другим по 2 - 3 ящика и подают на рабочее место.

### **Технологическая оснастка и её выбор**

К технологической оснастке относятся леса и подмости. При кладке стен высотой более 6 м леса устанавливают с наружной стороны. С таких лесов выполняют кладку всего здания снизу доверху. Леса устанавливают на спланированную поверхность на подкладки из досок толщиной 50 мм.

При возведении многоэтажных зданий применяют подмости, которые устанавливают на междуэтажные перекрытия и переставляют в процессе работы с одного этажа на другой.

Тип лесов и подмостей, а также схема их установки указываются в ППР. Для обеспечения устойчивости трубчатые леса крепят к стенам возводимого здания. Места крепления намечают в шахматном порядке на уровне узлов пересечений стоек с поперечинами.

Настилы лесов и подмостей выполняют из щитов. Доски настила перекрывают в месте стыка не менее 200 мм. Ширина рабочего места должна быть не менее 2000 мм (рабочая зона – 600 ÷ 700 мм, зазор между настилем и стеной - 50 мм, зона складирования - 1000 ÷ 1600 мм).

Ограждения настилов выполняют высотой 1,1 м, бортовая доска должна быть не менее 150 мм. Наиболее широкое применение при выполнении каменной кладки стен промышленных зданий и на отделке фасадов жилых и гражданских зданий получили трубчатые леса конструкции ЦНИИОМТП.

При возведении промышленных и гражданских зданий с железобетонными и стальными каркасами применяют подвесные струнные и подвесные подъёмные леса.

Основное отличие в том, что в подвесных струнных лесах перемещение рабочих настилов с одного яруса на другой осуществляется по ходу

кладки вручную, а в подвесных подъёмных настилы поднимают лебёдками, установленными на настилах.

Подмости применяют как состоящие из отдельных элементов (опоры, прогоны, настилы), так и блочные.

Размеры блочных подмостей  $5,3 \div 5,5 \times 2,5$  м.

Конструкция позволяет устанавливать щиты на различных отметках в зависимости от высоты яруса. Установка подмостей в два яруса позволяет возводить стены высотой до 5 м. Для кладки стен лестничных клеток применяют инвентарные площадки, навешиваемые на внутренние стены лестничной клетки. При расстоянии между стенами менее трёхкратной ширины подмостей можно использовать сплошное замащивание.

### **Организация рабочего места каменщика**

Рабочее место каменщика включает участок стены и часть примыкающей к ней площади, в пределах которой размещают материалы, инструмент и перемещается каменщик.

Рабочее место каменщика состоит из трёх зон:

1. рабочая - свободная полоса вдоль кладки, на которой работают каменщики шириной  $0,6 \div 0,7$  м;
2. зона складирования шириной  $1,3 \div 1,5$  м;
3. транспортная зона шириной  $0,5 \div 0,6$  м.

Общая ширина подмостей составляет  $2,5 \div 2,6$  м.

Материалы располагают в чередующем порядке. Расстояние между ящиками с раствором составляет  $3 \div 3,5$  м, не более 2 м от места укладки. Напротив простенков складировать кирпич, напротив проёмов – раствор.

При кладке столбов кирпич складировать с одной стороны, раствор с другой.

Запасов кирпича и раствора должно хватать на  $2 \div 4$  часа работы.

Состав звена выбирается в зависимости от толщины и сложности кладки «двойка», «тройка», «пятерка», «шестёрка».

### **Обеспечение качества работ**

Качество заполнения швов раствором проверяют не реже трёх раз по высоте этажа, вынимая контрольные кирпичи выложенного ряда.

Вертикальность поверхностей и углов кладки проверяют отвесом и уровнем не реже двух раз на каждый метр высоты кладки, толщину швов стальной линейкой или метром через  $5 \div 6$  рядов кладки. Средняя толщина горизонтального шва составляет 12 мм, вертикального – 10 мм.

Правильность закладки угла стены проверяют угольником и отвесом, горизонтальность кладки – уровнем и правилом. Проверку горизонтальности рядов кладки осуществляют не реже двух раз на каждый метр её высоты.

В процессе выполнения кладки и до начала следующих работ производят приёмку скрытых работ с составлением актов.

Окончательную приёмку законченных каменных конструкций сопровождают проверкой следующих параметров:

1. правильность перевязки, толщины и заполнения швов, а также вертикальности, горизонтальности и прямолинейности поверхностей и углов кладки;
2. правильности устройства деформационных швов, дымовых и вентиляционных каналов;
3. наличия и правильности установки закладных деталей, связей и анкеров.
4. правильность установки утеплителя, наличия вентиляционных зазоров;
5. правильность установки связей между слоями кладки.

## Монтаж сборных железобетонных конструкций

В каркасных зданиях со стенами из кирпича ригели укладывают на железобетонные опорные подушки, которые заделывают в кирпичные стены по ходу кладки. До начала монтажа ригелей выверяют нивелиром горизонтальность опорных подушек. Монтажники работают с инвентарных подмостей.

Монтаж многопустотных плит перекрытий ведут после возведения внутренних и наружных стен в пределах этажа или захватки. До начала монтажа перекрытий проверяют положение верхних опорных частей (разница в пределах этажа допускается не более 15 мм).

Необходимо обеспечить горизонтальность потолка, образуемого перекрытием. Для этого в пределах захватки с помощью нивелира наносят по периметру верха стен риски (на заранее закреплённые рейки), соответствующие монтажному горизонту. Затем по шнуру-причалке укладывают выравнивающий слой раствора. Монтируют плиты после набора 50%-ной прочности раствора, расстилая на опорных поверхностях слой свежего раствора толщиной  $3 \div 4$  мм.

По второму способу при монтаже плит натягивают шнур-причалку и непосредственно по нему под монтируемые плиты расстилают растворную постель на  $2 \div 3$  см выше шнура.

Перемещать плиты перпендикулярно стенам недопустимо, поэтому необходимо точно навести плиту, чтобы получить опорную площадку необходимой ширины. После укладки каждой плиты проверяют горизонтальность потолка визированием или правилом. После укладки плит производят их сварку с анкерами, закладываемыми в стену.

В местах опирания производят заделку пустот плит бетоном или бетонными вкладышами.

Несущие перемычки в кирпичных зданиях устанавливают краном, а рядовые – вручную. При монтаже перемычек необходимо обращать внима-

ние на точность их установки по вертикальным отметкам, горизонтальность и размер площади опирания.

Лестничные марши и площадки монтируют по мере возведения стен здания.

Методы установки лестничных площадок не отличаются от методов установки плит.

Для выверки положения площадок в плане используют деревянный шаблон копирующий профиль опорной части лестничного марша. Сразу же после выверки площадки монтируют лестничный марш. Лестничный марш сначала опирают на нижнюю площадку, а затем на верхнюю.

К монтажу балконных плит приступают по всей длине захватки, после возведения стен и укладки перекрытия над этажом. Монтаж начинают с установки маячных плит. Положение балконной плиты размечают на перекрытии и фиксируют рисками. На последующих этажах положение рисок дополнительно контролируют по балкону нижележащего этажа.

Временные крепления устанавливают сразу после укладки плиты.

Для временного крепления ставят стойки на балкон нижележащего этажа и, пользуясь винтовой распоркой, подпирают ими монтируемую плиту.

Можно крепить подкосом на низ оконного проёма (рис. 210). Крепление балконных плит производят сваркой через стальные стержни к плитам перекрытий.

Для устройства межкомнатных и межквартирных перегородок применяют гипсобетонные панели размером на комнату. Крепление к стенам производят вилочной скобой, аналогично перегородкам крупнопанельных зданий. Перегородки крепят к перекрытию стальными пластинами 200×40×4 мм. Перегородочные панели, примыкающие друг к другу, крепят между собой металлическими пластинами или скобами.

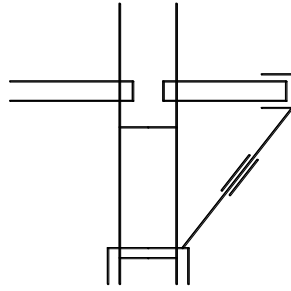


Рис. 210. Временное крепление балконной плиты

### Техника безопасности

Установку башенного крана на бровке котлована производят на расстоянии  $l$ , вычисляемое по формуле:

$$l = a + b, \quad (15)$$

Где  $a$  - расстояние от оси кранового рельса до границы призмы обрушения принимается не менее 1 м;

$b$  – ширина призмы обрушения, вычисляемая по формуле:

$$b = \frac{H \cdot \sin(\alpha - \varphi)}{\sin \alpha \cdot \sin \varphi}, \quad (16)$$

Где  $H$  - глубина заложения откоса;

$\alpha$  - действительный угол откоса;

$\varphi$  - угол естественного откоса грунта.

Габаритные размеры опасной зоны в плане  $L$  определяют по ширине, равной  $2R$  в поперечном направлении. В продольном направлении, определяется по формуле:

$$L = 2R + l_1, \quad (17)$$

Где  $l_1$  - длина подкранового пути;

$R$  - рабочий радиус крана.

Складирование кирпича на поддонах допускается не более чем в два яруса, в контейнерах – в один ярус.

Кирпич и раствор необходимо размещать на подмостях в соответствии со схемами загрузки и применяемыми подмостями. Кирпич поднимают на перекрытие на поддонах. Сборные железобетонные перекрытия можно загружать одиночными пакетами из кирпича массой  $0,6 \div 0,75$  т по уложенному вдоль стен настилу из деревянных щитов. При этом щиты в плане  $70 \times 200$  см можно укладывать как с продольным, так и поперечным расположением по отношению к стене.

Пакеты кирпича массой  $1,5 \div 2$  т устанавливают на специальный разгрузочный настил шириной не менее 2 м. Порядок загрузки и масса грузов должны соответствовать несущей способности перекрытий и подмостей.

Не допускается установка опор подмостей и грузов непосредственно на перекрытии в средней части пролёта. Для того чтобы нагрузка от стоек подмостей равномерно распределялась на несколько плит, под стойки подкладывают доски.

Зазоры между стеной и подмостями должны быть не более 5 см. Инвентарные защитные козырьки в виде настила на кронштейнах шириной 1,5 м устраиваются по периметру наружных стен под углом  $20^\circ$  к горизонту. Первый ряд козырьков навешивают на высоте не более 6 м и оставляют на этом уровне до возведения кладки стен на всю высоту. Вторым ряд навешивают на высоте  $6 \div 7$  м над первым, а затем по ходу кладки переставляют через каждые  $6 \div 7$  м.

Возведение каменных стен без устройства защитных козырьков допускается высотой не более 7 м, в этом случае по периметру здания выставляется ограждение не менее 1,5 м от стены. Над входами в здание устраивают навесы размерами  $2 \times 2$  м. Необходимо соблюдение условия, при котором уровень кладки на каждом ярусе должен быть высотой не менее двух кирпичей выше рабочего настила. Проемы в процессе кладки заполняют блоками или ограждают инвентарными щитами.

## **Модуль 6. Технологические процессы при возведении инженерных сооружений**

### **Лекция 6.1 Виды высотных сооружений.**

#### **Методы возведения**

#### **Возведение инженерных сооружений. Методы возведения**

Надземные сооружения достаточно условно можно классифицировать следующим образом:

- 1) высотные сооружения (вытяжные и дымовые трубы, градирни, радио телебашни, опоры ЛЭП, антенны, водонапорные башни);
- 2) наземные сооружения для хранения различных материалов (резервуары, газгольдеры, силосные склады и т.д.);
- 3) большепролётные сооружения (производственные, спортивные, общественные);
- 4) инженерные сооружения, связывающие отдельные объекты (галереи транспортёров, эстакады транспорта и трубопроводов);
- 5) специальные здания и сооружения, связанные с основным технологическим процессом (доменные печи, прокатные станы, установки химии и нефтехимии, постаменты, этажерки, воздухонагреватели, и т.д.)

#### **Возведение высотных сооружений**

Особенностями высотных сооружений являются относительно небольшие габаритные размеры в плане при значительной высоте и массе: высота 200 ÷ 400 м, масса в зависимости от конструкций сооружения.

В зависимости от размеров, веса и конструктивных решений применяют различные методы монтажа:

1. поворот;
2. наращивание;
3. подращивание;

4.    надвижка;
5.    выдвижения.

### **Установка стреловыми кранами подъёмом цельной конструкции**

Подъём цельнособранный конструкции - наиболее эффективный метод благодаря своей простоте и меньшей трудоёмкости, так как полную сборку конструкции выполняют на земле.

Строповку конструкции осуществляют несколько выше центра тяжести. Её устанавливают на опоры вертикальным подъёмом или скольжением с поворотом и последующим подъёмом (рис. 211). Для снижения центра тяжести уменьшения длины стрелы крана к нижней части конструкции иногда крепят инвентарные грузы. Метод применим для компактных в плане сооружений высотой до 40 ÷ 60 м.

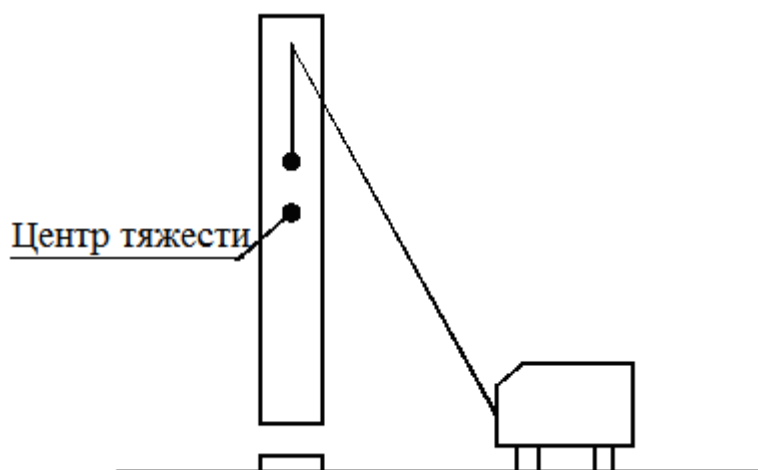


Рис. 211. Подъём краном конструкции целиком

### **Монтаж целых конструкций поворотом вокруг опорного шарнира**

Монтаж методом поворота вокруг опорного шарнира производится без отрыва конструкции от земли и имеет несколько разновидностей:

1.    с применением стрелового крана;

2. с использованием промежуточной стойки;
3. тросовым подъемом;
4. монтажной мачтой;
5. без установки якорей (метод выталкивания).

**Метод поворота с применением стрелового крана.** При использовании метода с применением стрелового крана (или двух кранов) подъем конструкции выполняется передвижением крана в направлении опорного шарнира, установленного на фундаменте (рис. 212). Строповку конструкции к крюку крана осуществляют выше центра тяжести.

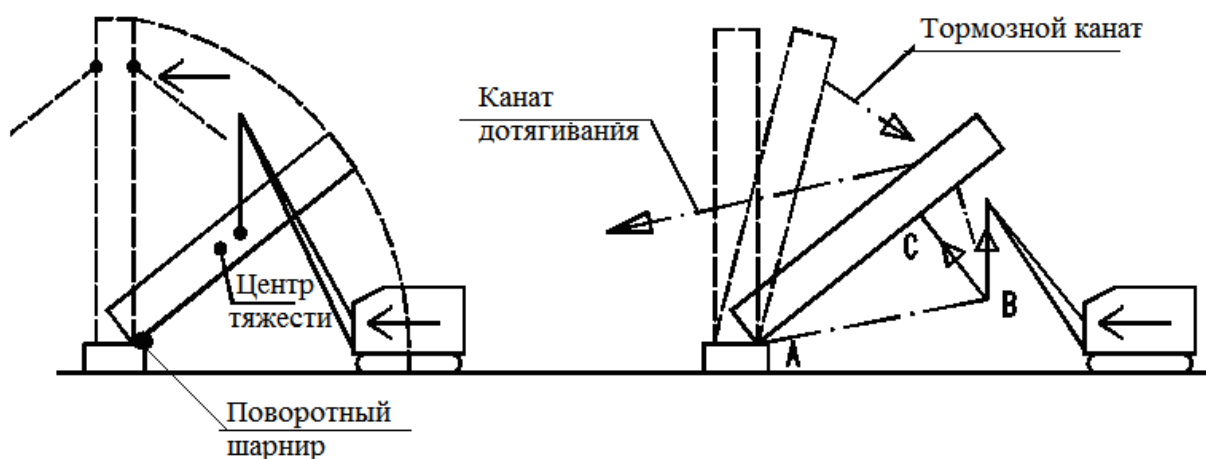


Рис. 212. Подъем краном методом поворота

**Метод поворота с использованием промежуточной стойки.** Поворот с использованием промежуточной опорной стойки и стрелового крана (или двух) производится в два этапа: на первом - обычным методом поворота (как в первом случае), на втором - подъем ведут строповкой за низ опорной стойки, что позволяет уменьшить высоту подъема крюка на высоту применяемой опорной стойки.

С помощью крана поворачивают конструкцию относительно опорного

шарнира на максимально возможную высоту (в зависимости от крана). С помощью звена АВ подпорку ВС фиксируют, крюк крана освобождают, нагрузку переносят на подпорку. Дальнейший подъём конструкций происходит за счёт подъёма низа подпорки крюком крана.

Иногда вместо связи неизменяемой длины устанавливают полиспаст АВ. Треугольник ABC при подъёме изменяется, поэтому данная схема имеет большие технические возможности, так как в случае исчерпания подъёмных характеристик крана при вертикальном перемещении низа подпорки дальнейший подъём возможен при горизонтальном перемещении её путём стягивания полиспаста, который выполняет основную работу в процессе подъёма. Этот метод позволяет поднимать конструкции, длина и масса которых превышает характеристики крана.

Применяется для мачтово-башенных сооружений высотой до 120 м.

**Метод поворота тросовым подъёмом.** Метод поворота тросовым подъёмом (рис. 213) производится без применения крана или мачты, с использованием каната дотягивания.

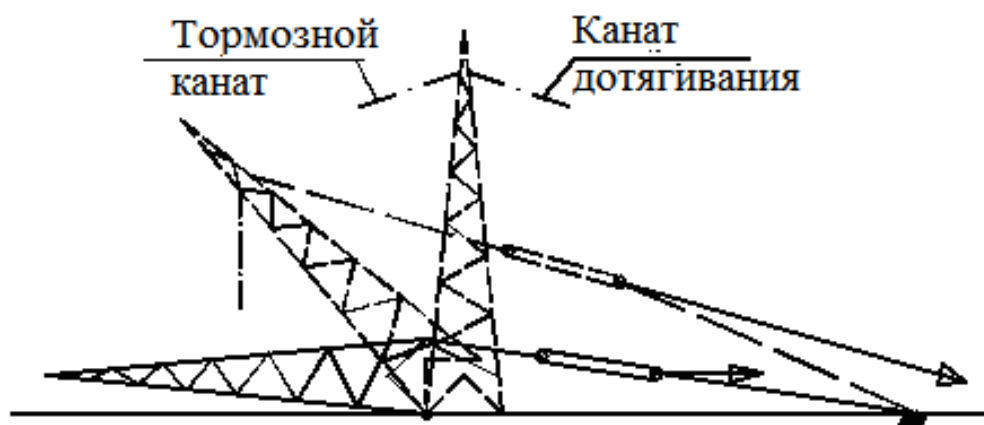


Рис. 213. Тросовый подъём

**Метод поворота монтажной мачтой.** При установке с помощью монтажной мачты (подающей стрелы) тяговый канат закрепляют к конструкции

через монтажную мачту (рис. 214).

При подъёме подающей мачтой, шевром или порталом их длину принимают около  $1/3$  длины сооружения, при этом способе требуется устройство якорей на большие усилия.

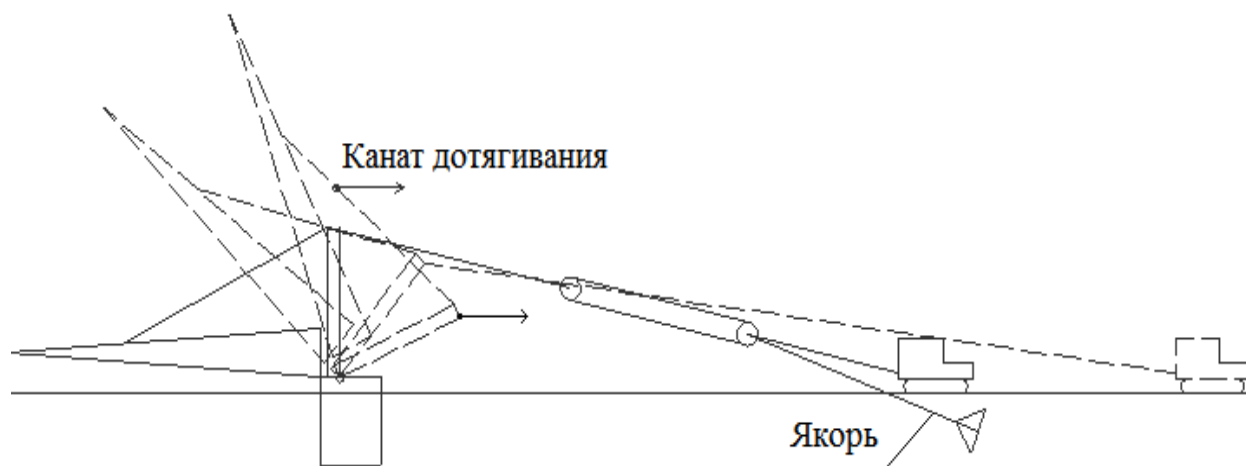


Рис. 214. Подъём с помощью монтажной мачты

**Подъём поворотом без установки якорей.** Подъём без установки якорей (метод выталкивания) выполняют скользящим порталом и тяговым канатом лебёдки (рис. 215). Метод применяется при высоте конструкций до 120 м. Тормозной канат позволяет контролировать переход конструкции через центр тяжести.

При монтаже сооружений поворотом вокруг опорного шарнира при переходе конструкции через центр тяжести системы возможно самопроизвольное ускоренное движение монтируемой конструкции. Для её удержания применяют тормозные канаты, соединяемые с лебёдками.

Метод поворота существенно упрощает процесс сборки, улучшает качество и безопасность работ. В то же время он требует соблюдения следующих условий:

1. расчёта конструкций на монтажные нагрузки и разработку решений по

- их усилению;
- 2. определения оптимальных характеристик монтажных устройств;
- 3. нахождение наиболее удачного расположения относительно поднимаемого сооружения;
- 4. наличия большой территории для выкладки сооружения при её укрупнении;
- 5. ограничения высоты до  $90 \div 120$  м.

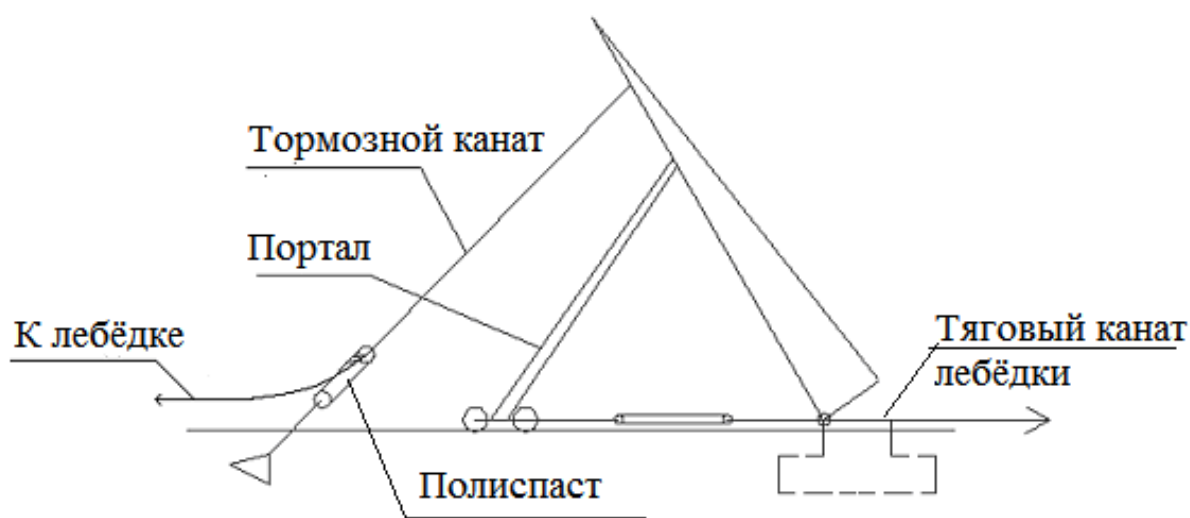


Рис. 215. Подъем скользящим порталом

### Метод наращивания

Применяется для сравнительно развитых в плане высотных сооружений (градирни, этажерки) и массивных сооружений (доменные печи, воздухонагреватели). Метод наращивания предусматривает последовательную установку вышележащих элементов на нижележащие конструкции. Подъем элементов или блоков осуществляют стреловыми, прислонёнными или передвижными башенными кранами, универсальными подвесными, самоподъёмными или ползучими кранами, переставной монтажной стрелой, вертолётами и др.

Основным недостатком метода является большой объём работ на высоте (на проектной отметке).

Монтаж способом наращивания с использованием прислонного крана применяют при невозможности использования метода поворота (большая высота, стеснённость условий, недостаточная несущая способность сооружения в период подъёма при высоте до 140 м и более). Прислонный кран в процессе монтажа крепят к сооружению и наращивают по мере подъёма (рис. 216).

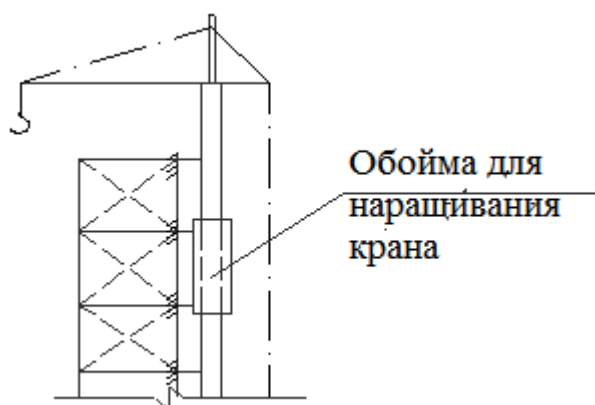


Рис. 216. Метод наращивания

Грузоподъёмность таких кранов составляет  $8 \div 12$  т, что позволяет вести монтаж плоскими и объёмными блоками. Вылет крана до 50 м.

Недостатком метода являются значительные трудозатраты на монтаж и наращивание крана - до  $40 \div 50$  % от общей трудоёмкости работ.

Для сооружений повышенной высоты (более 120 м) применяется монтаж с использованием различных типов самоподъёмных кранов (рис. 217). Самоподъёмные механизмы и приспособления перемещаются по смонтированным ранее конструкциям.

Недостатком такого монтажа являются значительные трудозатраты на переустановку крана.

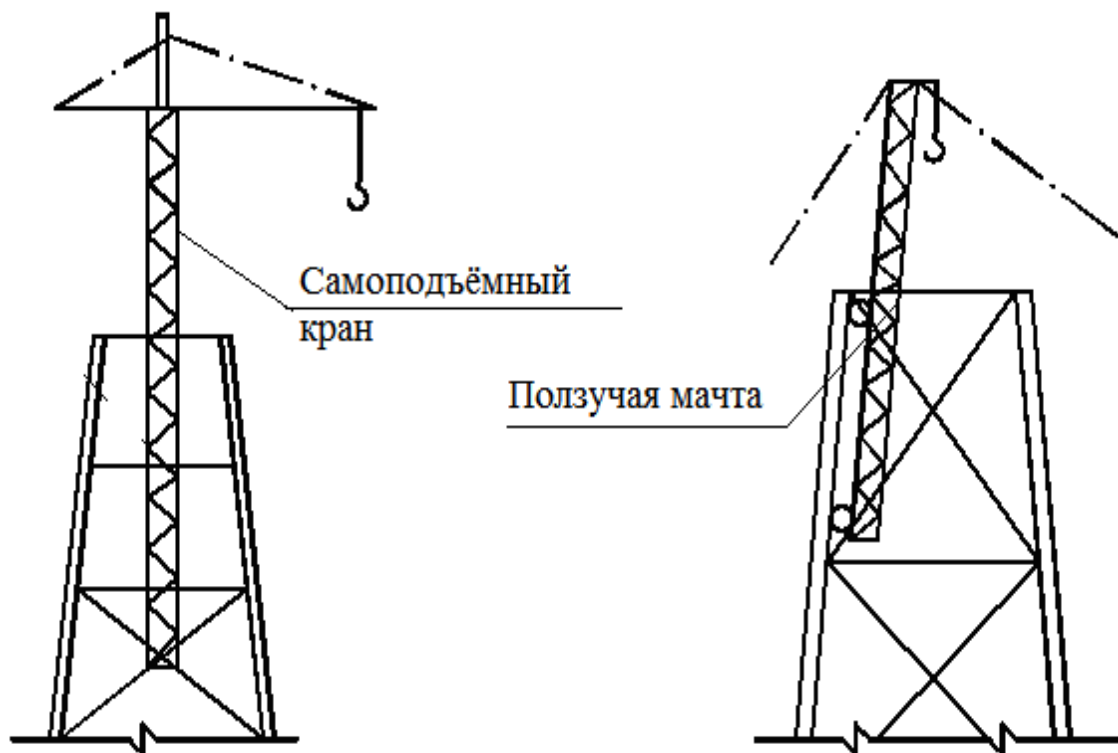


Рис. 217. Монтаж самоподъёмным краном или мачтой

### Метод подращивания

Имеет принципиальное отличие от традиционного метода наращивания, которое состоит в том, что сборку ведут в обратной последовательности - в направлении сверху вниз. Предварительную сборку блоков ведут на нулевой отметке, на перекрытии первого этажа или на специальном портале.

Сборку блока (конструкции одного этажа или яруса) производят на нулевой отметке. Укрупнённый блок сооружения с помощью подъёмно-тяговой или домкратной системы поднимают на высоту следующего этажа (яруса), удерживают на этой высоте до окончания сборки и пристыковки нижележащего яруса. Все вышележащие конструкции поднимают на высоту одного яруса (рис. 218). На нулевой отметке производят сборку следующего яруса, и цикл подъёма повторяется. При таком методе снижается объём работ на высоте. Метод является наиболее прогрессивным. Благодаря своей компактно-

сти данный метод применяется при реконструкции. Повышает производительность на 30%, снижает сроки на 40%, себестоимость на 28%.

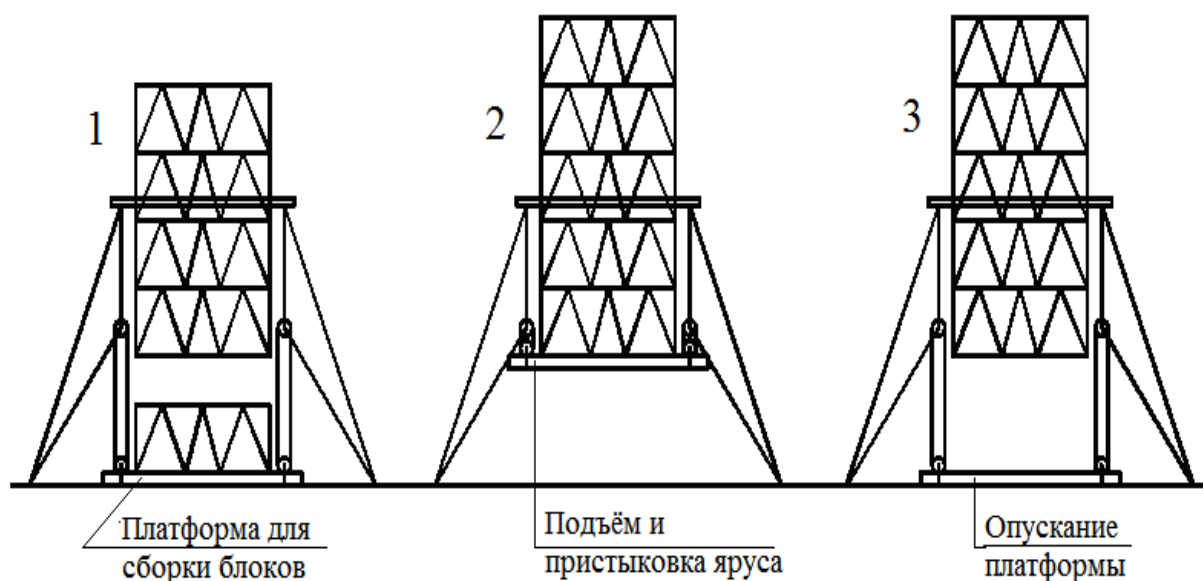


Рис. 218. Монтаж методом подрачивания

### Метод надвигки

Используют при возведении массивных сооружений (доменных печей и т.д.), а также при реконструкции.

Надвижку осуществляют по накаточным путям (рис. 219) с применением несущей платформы, воспринимающей массу здания, и катковых тележек, передвигаемых с помощью полиспастов или горизонтальных домкратов. Например, доменная печь весом 13.5 т передвинута на расстояние 99 м, четырёхэтажное здание Моссовета весом 20 тыс. т передвинута на 15 м, в Чехии здание собора размерами 30×40 м, высотой 31 м и массой 11 тыс. т передвинута на самое большое расстояние – 841 м.

Метод надвигки снижает сроки возведения, так как подземную и надземную часть сооружения можно возводить одновременно.

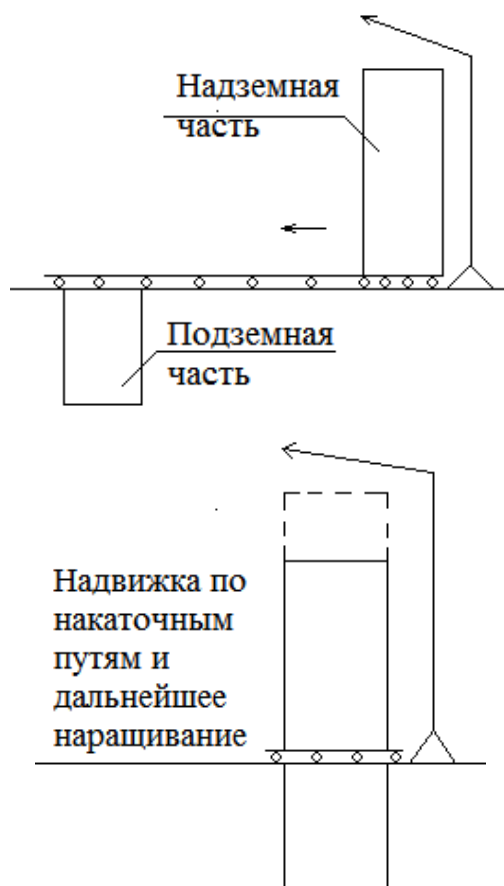


Рис. 219. Монтаж методом надвижки

### Применение вертолётов

Наибольший эффект применения летательных аппаратов достигается при монтаже башенно-мачтовых сооружений. Для подъёма используют монтажно-транспортные вертолёты МИ-6, МИ-10К (10 т).

Вертолёты оборудованы внешней подвеской, с помощью которой производят транспортирование и монтаж (рис. 220, 221). Подвеска представляет собой канатную систему.

При использовании вертолётов применяют метод наращивания и метод поворота. Для наводки используют приспособления-ловушки, позволяющие без участия монтажников устанавливать блок в проектное положение.

Монтажники закрепляют блок после отлёта вертолёта. Часто используют монтаж комбинированным методом: нижнюю часть кранами, а верхнюю вертолётами. Разработаны и применяются летательные аппараты, сов-

мещающие достоинства аэростатов и вертолётов.

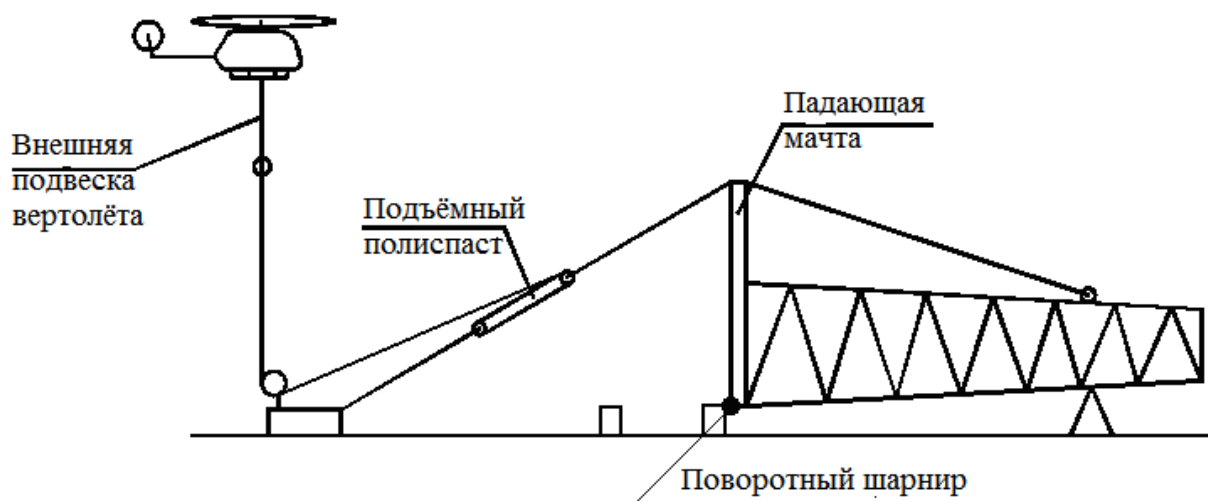


Рис. 220. Монтаж вертолѐтом методом поворота

Аппараты имеют грузоподъёмность до 500 т. Летательные аппараты эффективны при большом объѐме работ, так как стоимость перелѐта составляет 60 ÷ 70 % общей стоимости аренды вертолѐта.

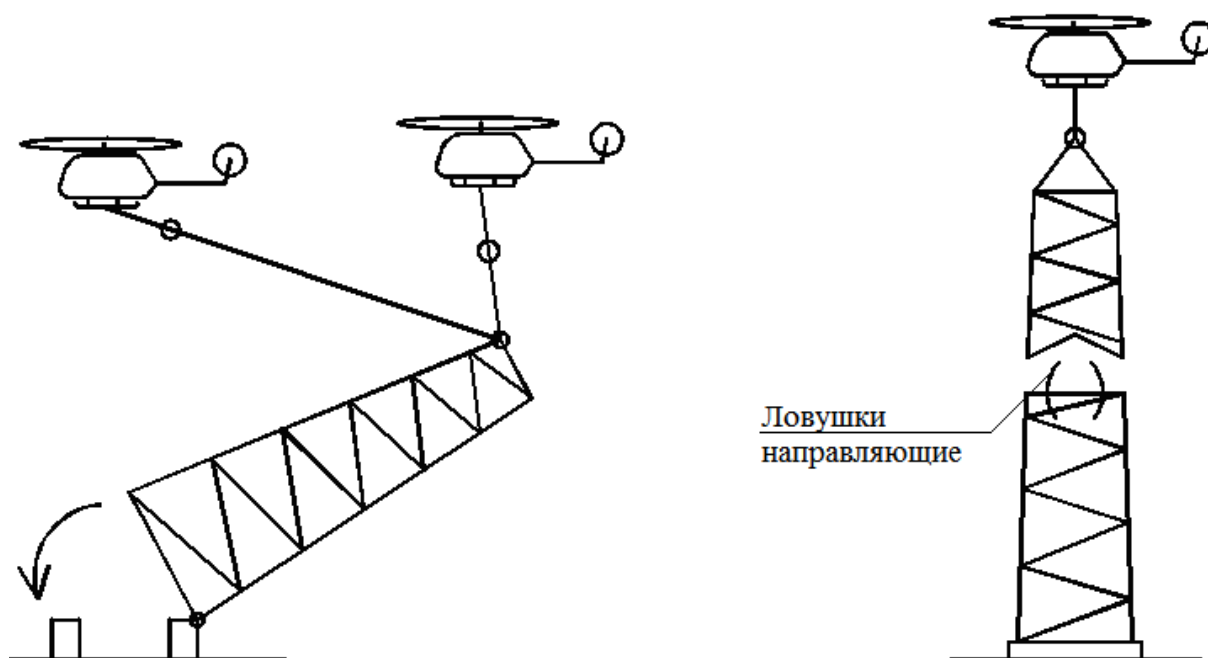


Рис. 221. Поворот двумя вертолѐтами и безвыверочный монтаж

## Метод выдвигания

При монтаже радиотелевизионных башен монтируют ствол башни различными методами (поворота, наращивания), внутри ствола монтируют антенну, а затем выдвигают её системами полиспастов или домкратных систем, производя её обустройство (рис. 222).

Выдвижение производят при подращивании нижних частей конструкции (при необходимости).

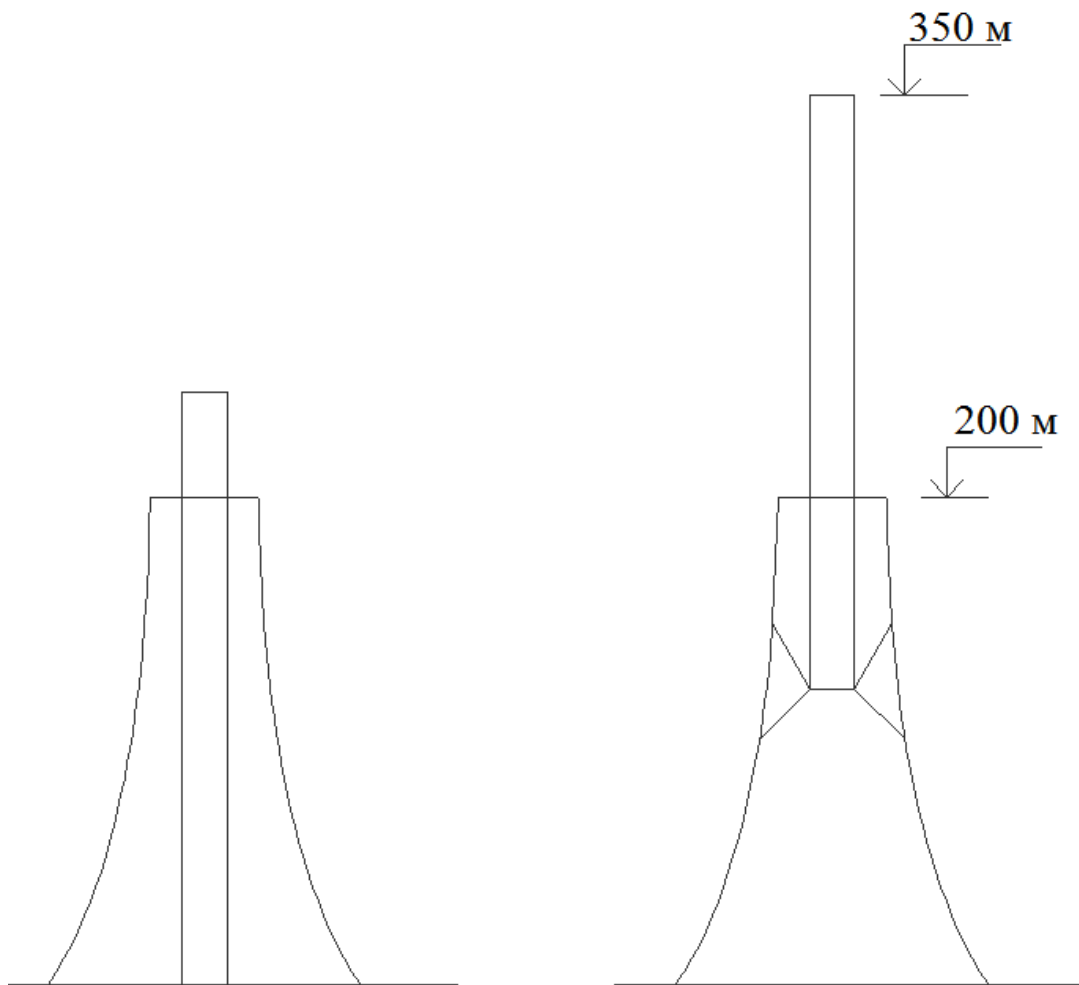


Рис. 222. Выдвижение конструкций

## Лекция 6.2 Возведение резервуаров

Характерной особенностью сооружений из листовых конструкций является большая протяжённость сварных соединений, значительно превышающая длину швов обычных металлоконструкций.

Сварные соединения должны удовлетворять требованиям не только прочности, но и плотности (непроницаемости).

При выборе методов монтажа необходимо предусмотреть:

1. сокращение затрат при производстве сварочных работ на монтажной площадке;
2. максимальное сокращение количества горизонтальных швов;
3. обеспечение повышенных требований к качеству выполняемых работ.

Исходя из этого, листовые конструкции должны выполняться с максимальной заводской готовностью.

Листовые конструкции при толщине стенки до 18 мм должны поставляться на строительную площадку в рулонах.

Способы монтажа конструкций с толщиной стенки более 18 мм предусматривают также полистовую сборку и сборку блоками (обечайками, картинами).

Применяют также комбинированные методы монтажа из рулонов, а также укрупнёнными картинами из более толстого материала.

Метод монтажа из рулонных заготовок может выполняться следующими методами:

1. с вертикальным разворачиванием рулонов в проектное положение;
2. с вертикальным или горизонтальным разворачиванием рулонов в стороне с последующим монтажом царгами (обечайками);
3. наращиванием с горизонтальным разворачиванием рулонов на

специальных стендах-кондукторах.

Вертикальные стальные резервуары ёмкостью  $5 \div 100$  тыс. м<sup>3</sup> имеют высоту стенки 12 и 18 м, диаметр  $23 \div 89$  м. Стенка - это одинарная цилиндрическая оболочка, подкрепляемая рёбрами жёсткости, сопряжение с днищем сваркой. Крыша чаще не стационарная, а плавающая, всегда находящаяся на поверхности нефти, что исключает испарение.

Сущность метода рулонирования заключается в том, что стенки, днище, крыша изготавливаются в виде полотнищ шириной  $12 \div 18$  м. Полотнища шириной, равной высоте резервуара, после сварки и контроля соединений, наматывают на решётчатую бобину диаметром  $2,8 \div 3,2$  м. В качестве бобины используют обычно шахтную лестницу, центральную стойку резервуара или специальный каркас. Количество рулонов зависит от ёмкости резервуаров. Стенка наматывается на бобины от одного до шести рулонов, днище из двух до четырёх частей, которые наматывают на один или несколько рулонов.

Технология рулонирования стенок и днища резервуаров позволила перенести на заводы около 80 % сборочно-сварочных работ, применить автоматическую сварку, в  $3 \div 4$  раза сократить продолжительность и трудоёмкость работ на монтажных площадках.

### **Монтаж резервуаров**

Резервуары монтируют на песчаном основании, диаметр которого должен быть на 1,4 м больше диаметра днища. Для отвода атмосферных осадков основание устраивают на  $0,4 \div 0,6$  м выше уровня земли с откосами.

Для предохранения днища от коррозии основание пропитывают мазутом и укатывают катками.

Работы по возведению включают в себя:

1. монтаж и разметку днища;
2. подъём стенки в вертикальное положение;

3. установку центральной монтажной стойки;
4. разворачивание рулона стенки;
5. установку опорных колец и покрытия;
6. сварку и контроль качества швов;
7. испытание резервуара.

Сборку днища производят путём разворачивания, и сваривания центральной части днища с крайками, для чего рулоны днища накатывают на основание по специальному пандусу.

Перед разворачиванием рулонов их стягивают тросовой петлёй, концы которой закрепляют на тракторах или лебёдках. Петлю стягивают, после чего перерезают планки, скрепляющие рулон. Постепенно ослабляя петлю, дают возможность рулону развернуться. Свободный конец полотнища закрепляют к ранее установленным крайкам (рис. 223), а рулон раскатывают, используя тяговый и тормозной канаты. Стыки днища выполняют внахлёстку.

Если днище монтируют из нескольких полотнищ, навёрнутых друг на друга, то после разворачивания одного полотнища рулон погружают на сани и перемещают к месту установки следующего.

После разметки днища приступают к монтажу стенки резервуара.

Монтаж стенки состоит из двух операций:

1. установки рулона в вертикальное положение;
2. разворачивания со сборкой и сваркой замыкающего монтажного стыка.

Рулон поднимают в вертикальное положение методом поворота краном или с помощью А - образного шевра.

Перед подъёмом нижнее основание рулона укладывают краном на ложе поворотного шарнира и крепят с помощью охватывающего каната, натягиваемого винтовой стяжкой. Верхний конец рулона укладывают на клеть из шпал высотой  $0,3 \div 0,5$  м. В случае отсутствия крана рулон трактором или лебёдкой перекачивают на днище по брускам или брёвнам, соединёнными

скобами. Для сохранения сварных швов днища от повреждения при подъеме и разворачивании рулона стенки под торец рулона укладывают поддон из стального листа толщиной  $6 \div 8$  мм и диаметром на 0,5 м больше диаметра рулона.

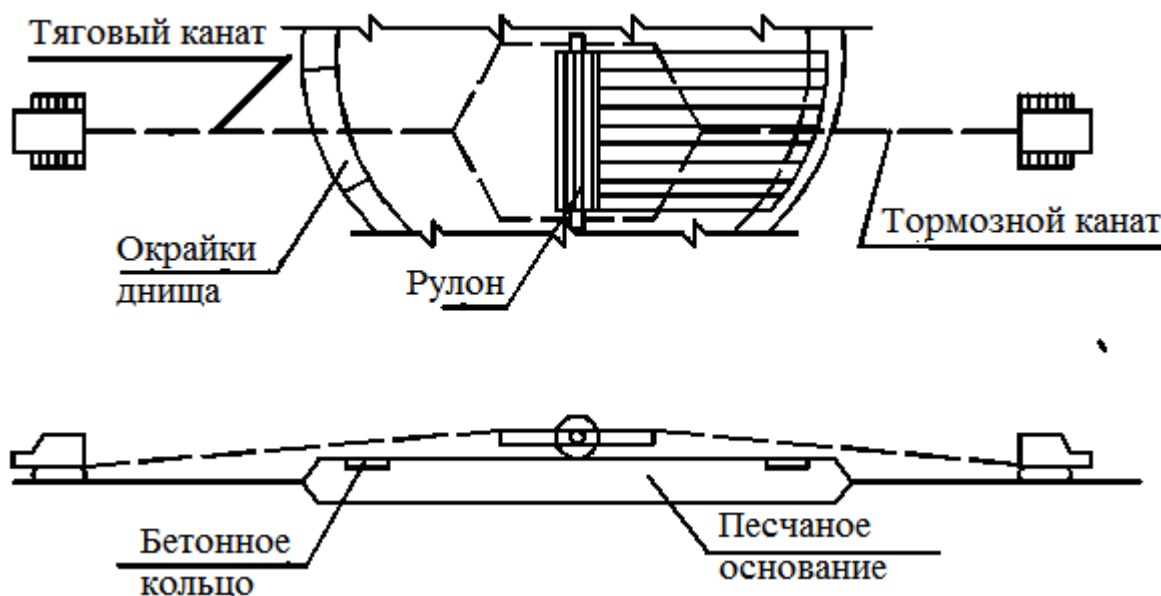


Рис. 223. Разворачивание рулонов днища резервуара

После подъема рулона в вертикальное положение методом поворота с помощью крана устанавливают центральную монтажную стойку, которую фиксируют в центре днища специальными упорами и расчалками с винтовыми стяжками.

Перед разворачиванием рулонов стенки к днищу по наружному диаметру резервуара приваривают временные упорные уголки с шагом 1 м. Низ рулона увязывают канатом, который крепят к трактору. После предварительного натяжения каната приступают к срезке планок, крепящих кромку рулона. Канат, стягивающий рулон, после удаления планок медленно ослабляют. После чего рулон, распружиниваясь, увеличивается в диаметре.

Свободную наружную кромку рулона прижимают к упорным уголкам и прихватывают к днищу.

Дальнейшее разворачивание рулона производят принудительно трактором (лебёдкой) с помощью каната и тяговой скобы, привариваемой к рулону на высоте 0,5 м (рис. 224). По мере разворачивания рулона полотнище стенки прижимают к ограничительным пластинам и приваривают к днищу резервуара. Верхнюю кромку удерживают специальными расчалками, прикрепляемыми к скобе. За один приём рулон разворачивают на 3 ÷ 4 м, затем скобу переносят в новое положение и процесс повторяют.

Элементы опорного кольца, кольцевых площадок и щиты покрытия монтируют по мере разворачивания рулона. После разворачивания рулона на 5 ÷ 6 м устанавливают щиты покрытия, которые закрепляют на опорной монтажной стойке в центре и на стенке. К монтажной стойке щиты временно крепят болтами. Перед установкой замыкающего щита удаляют каркас последнего рулона стенки. Покрытие раскружаливают. Монтажную стойку вынимают через люк в покрытии.

Замыкающий стык стенки выполняют внахлёстку. Смонтированный резервуар испытывают наполнением его водой.

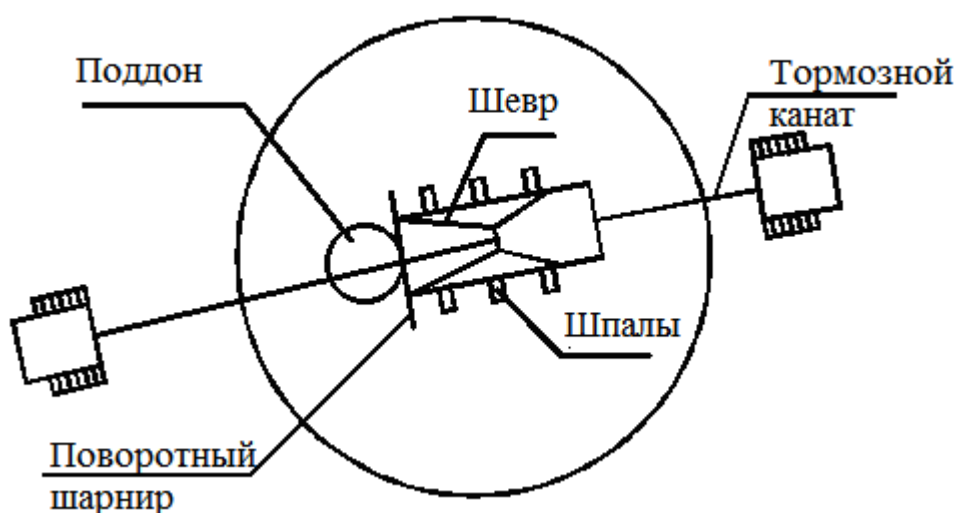


Рис. 224. Поворот рулона в вертикальное положение

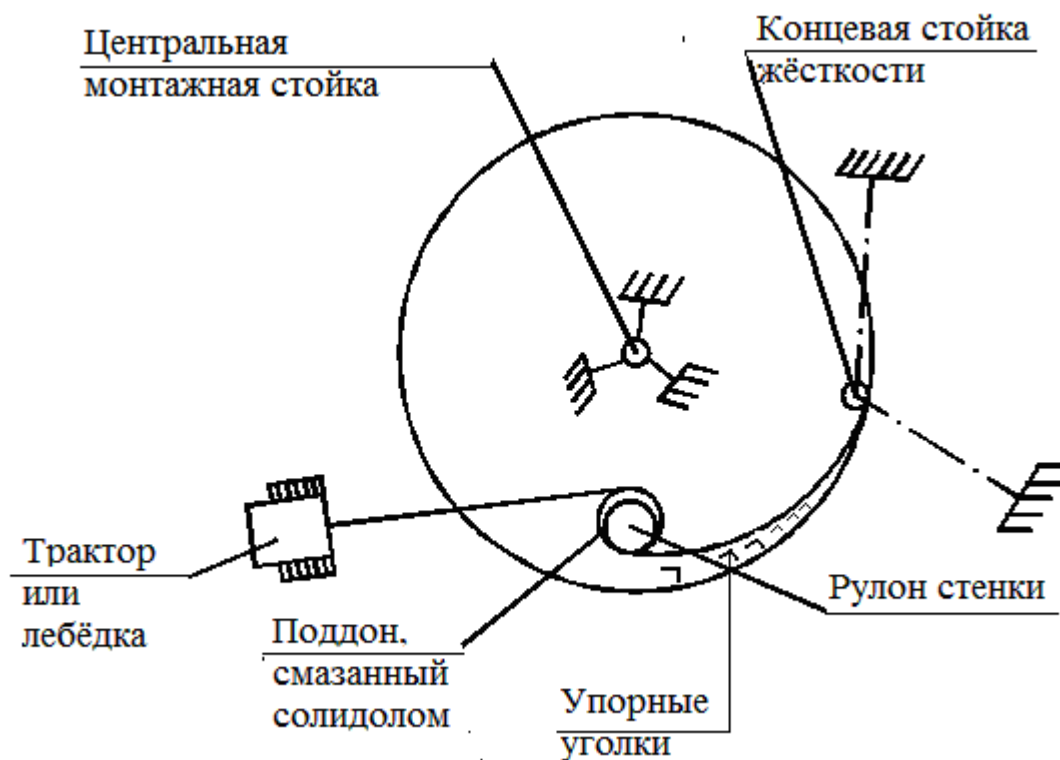


Рис. 225. Монтаж стенки резервуара

### Монтаж резервуаров с плавающими крышами

Монтаж имеет свои особенности. Центральную часть плавающих крыш собирают из рулонных заготовок. Для предотвращения заклинивания крыш их диаметр принимается на  $0,4 \div 0,6$  м меньше диаметра корпуса. Сразу после монтажа днища резервуара края плавающих крыш прихватывают сваркой по всему периметру к днищу резервуара.

Кольцевой понтон, состоящий из герметичных коробов, сваривают после окончания монтажа стенок. Опорные стойки крыши монтируют и временно закрепляют после её подъёма водой на определенный уровень ( $1,5 \div 2$  м).

После слива воды стойки окончательно закрепляют.

## Монтаж резервуаров с использованием кондуктора

Для резервуаров большой вместимости более 50 тыс. м<sup>3</sup> применяется технология разворачивания рулонов в горизонтальном положении, что позволяет перевести значительную часть работ в удобные наземные условия.

Кондуктор представляет собой пространственную конструкцию, состоящую из нескольких плоских ферм, соединённых прогонами и связями. Верхние пояса ферм – криволинейные, выполненные по внутреннему радиусу резервуара. На нижнем поясе наружных ферм устанавливают шарниры для поворота.

Технология монтажа заключается в следующем: на развёрнутом и сваренном днище резервуара размечают окружность, соответствующую внутреннему диаметру резервуара. Краном устанавливают кондуктор в вертикальное положение так, чтобы криволинейный пояс и размеченная на днище окружность совпали. После установки и выверки кондуктора поворотные шарниры приваривают к днищу и затем опускают кондуктор в горизонтальное положение. Рядом с кондуктором устанавливают стенд для разворачивания рулона. Перед разворачиванием закрепляют тяговые и удерживающие канаты лебёдок и разрезают планки. Развёрнутое полотнище крепят пластинами к элементам верхних поясов рамы. Приваривают к секции кольца жёсткости, временные стойки и проушины для последующего раскрепления временными расчалками. Затем кондуктор приподнимают гусеничным краном и устанавливают на временные опоры, для того чтобы приварить секции колец жёсткости, выступающих за один край полотнища.

Полотнище с кондуктором методом поворота краном устанавливают в проектное положение, раскрепляют расчалками и жёсткими подпорками с наружной стороны и приваривают к днищу (рис. 226).

Секции колец жёсткости, выступающие за край ранее установленного элемента, приваривают к вновь установленному полотнищу. Кондуктор отсоединяют и переносят на следующий участок. Поверхность кондуктора пре-

вышает размеры разворачиваемого полотнища.

Монтаж стенок крупных резервуаров выполняют методом листовой сборки в проектном положении (наиболее трудоёмкий вариант), а также укрупнёнными обечайками из нескольких свальцованных на заводе листов (общей площадью около  $50 \text{ м}^2$ ).

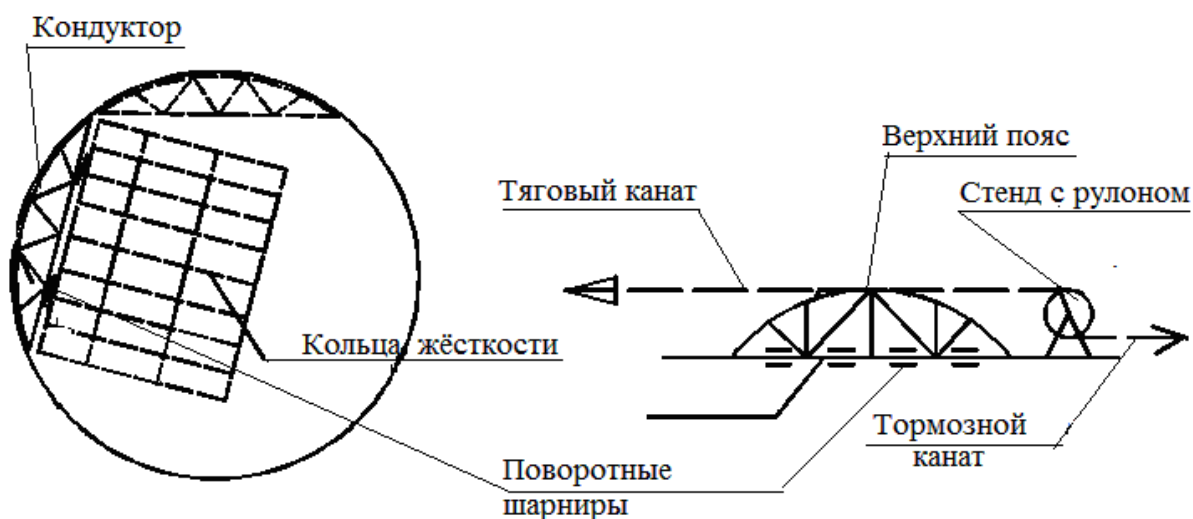


Рис. 226. Монтаж стенки резервуара с использованием кондуктора

Выработка составляет при использовании листовой сборки - 330 кг на чел. час; обечайками - 345 кг на чел. час; рулонированием - 455 кг на чел. час.

### Монтаж сферических резервуаров и газгольдеров

Газгольдеры служат для приёма, хранения и выдачи различных газов. Монтаж вертикальных газгольдеров имеет много общего с монтажом резервуаров.

Сферические ёмкостные сооружения используют для хранения под давлением  $0,25 \div 1,8 \text{ МПа}$  легковоспламеняющихся жидкостей, а также сжиженных и сжатых газов. Сферическая форма обеспечивает лучшее восприятие внутреннего избыточного давления.

Объём типового газгольдера диаметром 16 м составляет  $2000 \text{ м}^3$ , масса

300 т, толщина стенки 36 мм. Лепестки необходимой кривизны выполняют на заводах, и газгольдеры подвергают контрольной сборке.

Сборку ведут на монтажной площадке двумя методами в зависимости от состояния поставки лепестков, числа собираемых резервуаров и наличия монтажной оснастки.

По первому методу лепестки собирают в блоки на шарнирно-качающемся стенде с автоматической сваркой меридиональных швов.

Полушария или укрупненные блоки собирают на лучевом стенде. Затем поднимают и устанавливают полушария или блоки в проектное положение. Монтажные швы сваривают вручную.

По второму способу все швы сваривают автоматической сваркой под слоем флюса. На специальном сборочном стенде собирают полусферы или укрупнённые блоки из лепестков. Сборку ведут с помощью стяжных приспособлений. Полусферы устанавливают на манипулятор, где автоматически свариваются меридиональные и кольцевые швы между блоками сферического резервуара (рис. 227).

Для удобства сборки применяют монтажную стойку, к концам которой приваривают собранные днище и купольную часть (рис. 227). Купольную часть устанавливают на неподвижную временную опору манипулятора и закрепляют расчалками. На днище и купол приваривают пластины-ловители для установки укрупнённых блоков.

Блоки устанавливают краном. После установки и закрепления монтируемого блока временную стойку подводят с наружной стороны, а блоки между собой соединяют швами прихватками. Для придания жёсткости блоку внутри резервуара приваривают трубу, которую удаляют после монтажа. Рабочим местом служит полноповоротная люлька с радиусом вращения 8 м (рис. 228).

Закончив сборку и прихватку всех блоков, через верхний купольный люк гусеничным краном вынимают монтажную стойку. Затем монтируют

манипулятор, убирают временные опорные стойки и производят автоматическую сварку всех меридиональных и кольцевых швов.

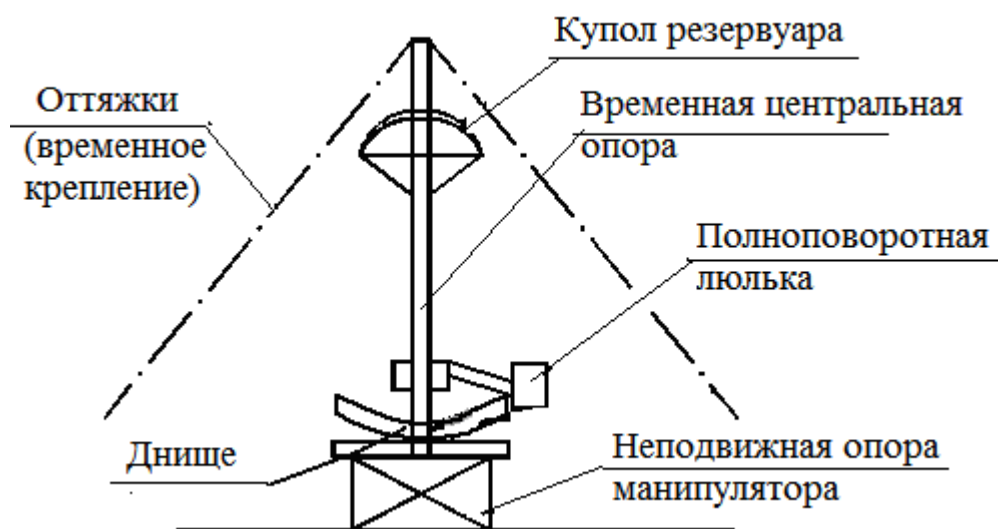


Рис. 227. Сборка из меридиональных блоков в вертикальном положении

Шахтную лестницу, оборудованную горизонтальной площадкой, на которой устанавливают кабину сварщика со сварочным аппаратом, устанавливают рядом с резервуаром.

После сварки и контроля с помощью домкратов манипулятора резервуар поднимают и устанавливают на постоянные опорные стойки, оголовки которых приваривают к оболочке. Манипулятор демонтируют.

Сборку газгольдеров производят также из укрупнённых блоков в горизонтальном положении (рис. 229, 230). Сборку ведут по ярусам с установкой временных опор. Временные опоры удаляют после монтажа всех блоков и установки постоянных опор.

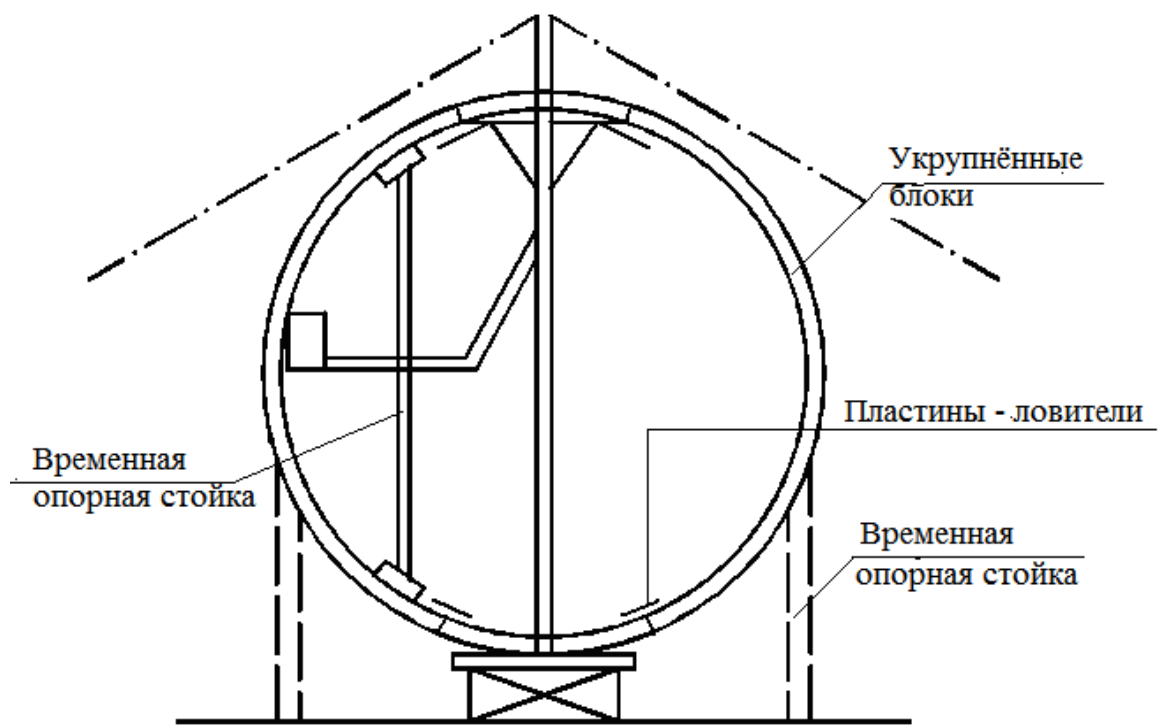


Рис. 228. Установка временных стоек

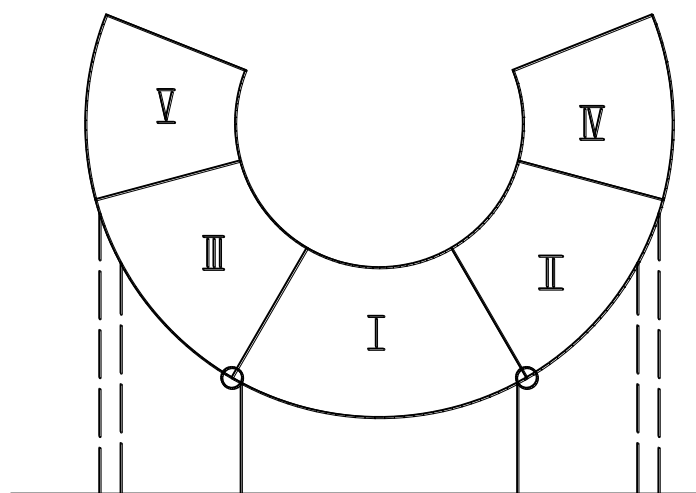


Рис. 229. Сборка из блоков в горизонтальном положении

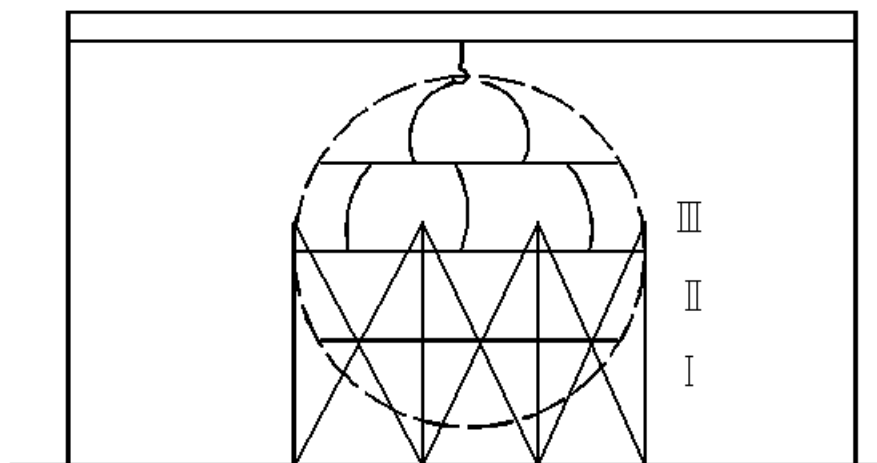


Рис. 230. Сборка из укрупнённых поясов в горизонтальном положении

### Изотермические резервуары

Изотермические резервуары применяются для хранения сжиженных газов. Хранение при отрицательных температурах (от минус 90 до минус 195 °С) и атмосферном давлении более безопасно.

Резервуары имеют двойную стенку, днище и крышу для размещения теплоизоляции.

Сборочные и сварочные работы на высоте выполняют с подвесных подмостей, прикрепленных непосредственно к стенкам резервуара.

Методы монтажа следующие:

1. монтаж нижнего яруса разворачиванием рулонов; монтаж верхнего яруса из отдельных листов или карт, собираемых на стенде (рис. 231);
2. монтаж нижнего и верхнего ярусов из рулонов, при этом для разворачивания верхнего рулона его устанавливают на катушку нижнего рулона (рис. 231);
3. метод подращивания: на днище разворачивают рулоны верхних поясов, нижнего наружного пояса, монтируют крыши и поднимают блок

пневматически; на днище разворачивают рулоны внутреннего нижнего пояса;

4. монтаж из рулонов длиной 24 м (требуют дополнительного оборудования на заводе);

5. монтаж из рулонов длиной 24 м, изготовленных на строительной площадке.

Для изготовления рулонов высотой 24 м рулоны нижнего и верхнего поясов стенки резервуара разворачивают в горизонтальном положении на специальной площадке, кромки развернутых полотнищ сваривают, после чего полотнище наворачивают на специально изготовленную катушку увеличенного размера. Готовый рулон накатывают на днище, устанавливают в вертикальное положение и разворачивают.

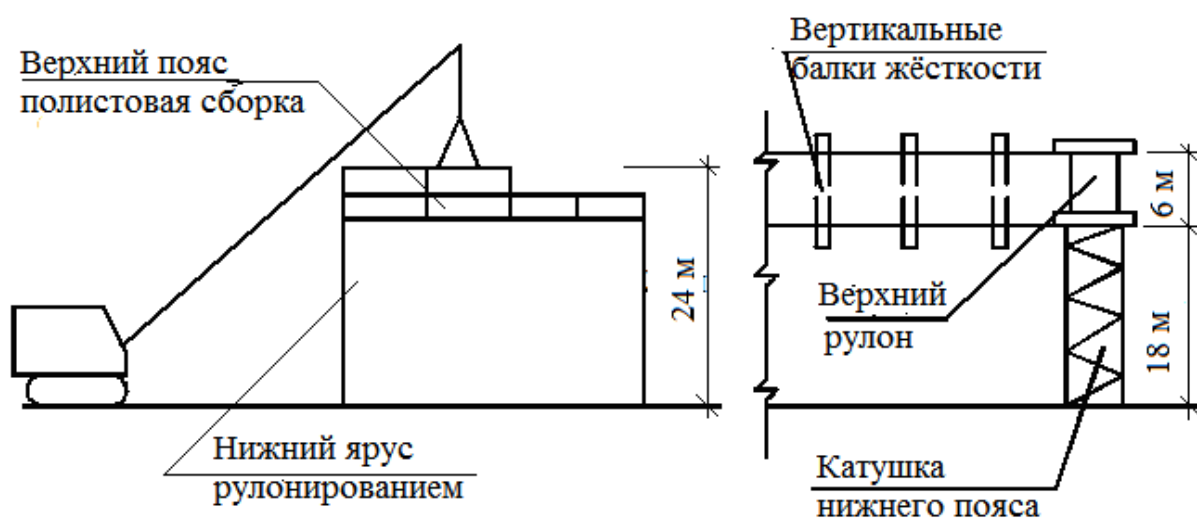
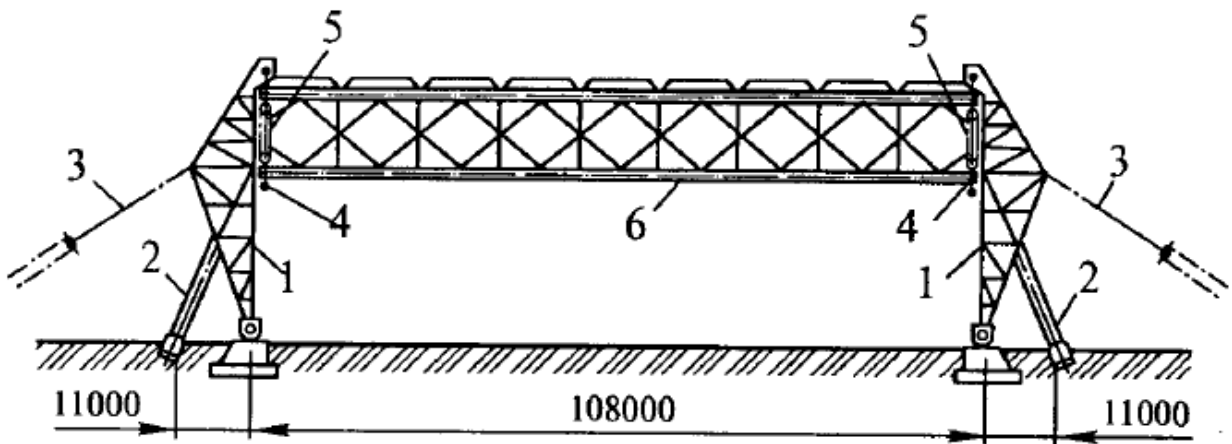
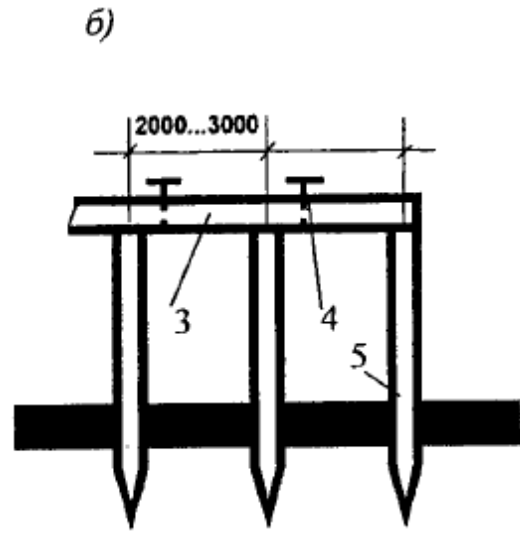
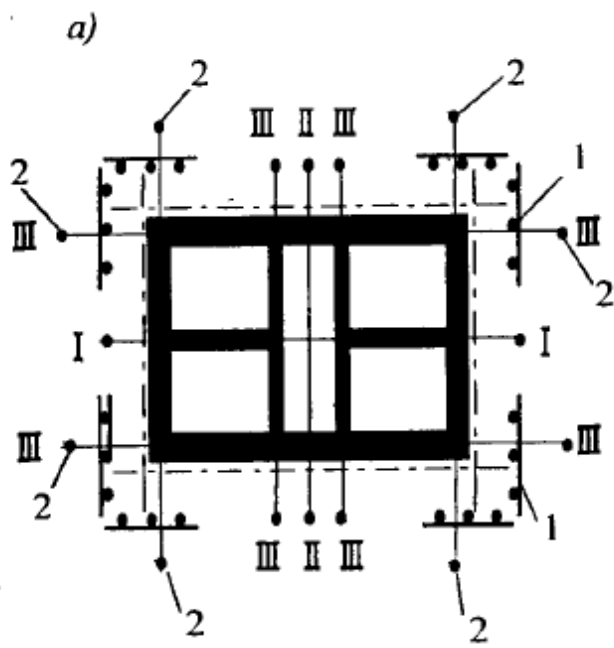
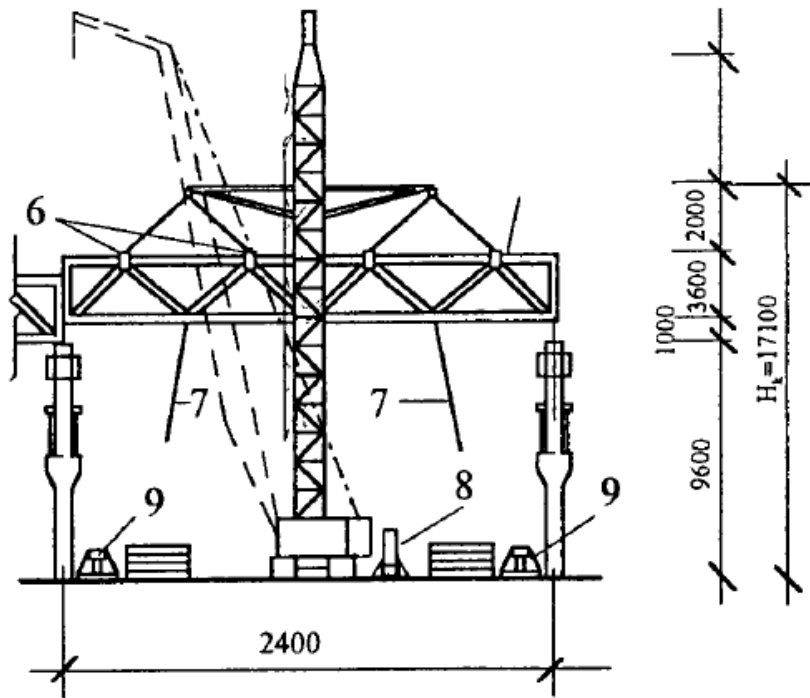
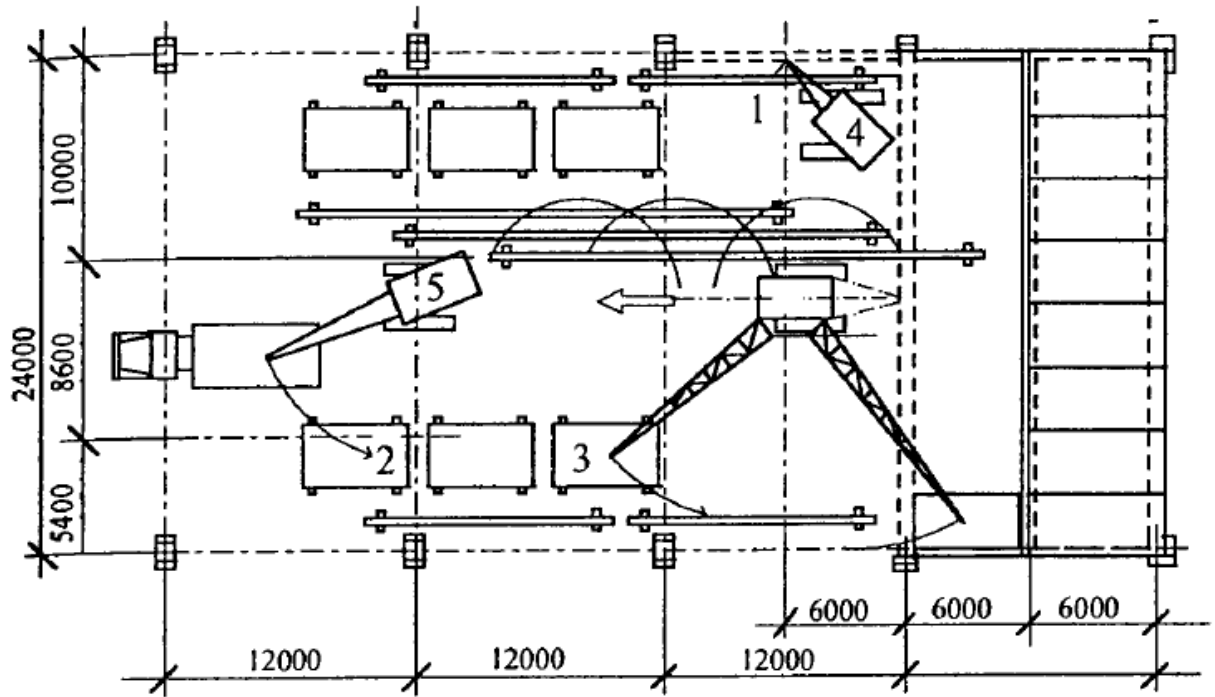


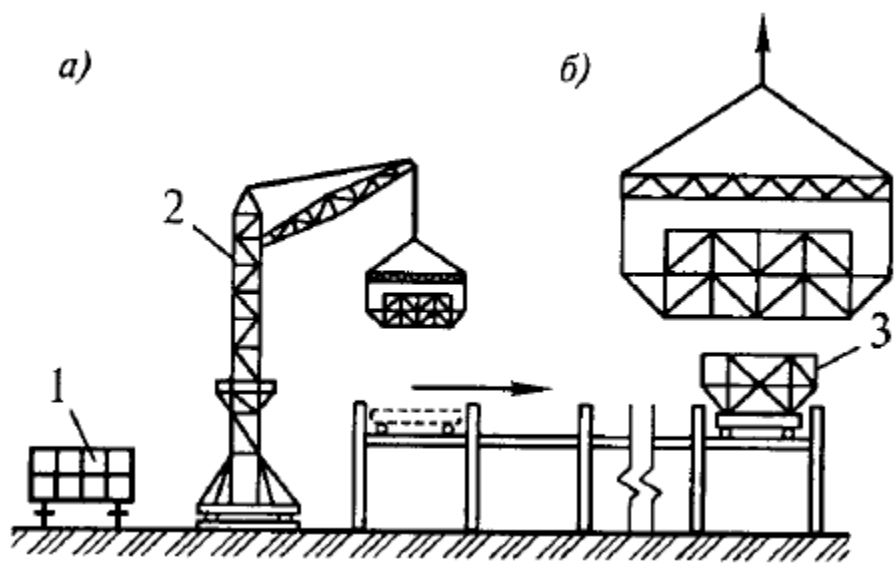
Рис. 231. Сборка резервуаров наращиванием

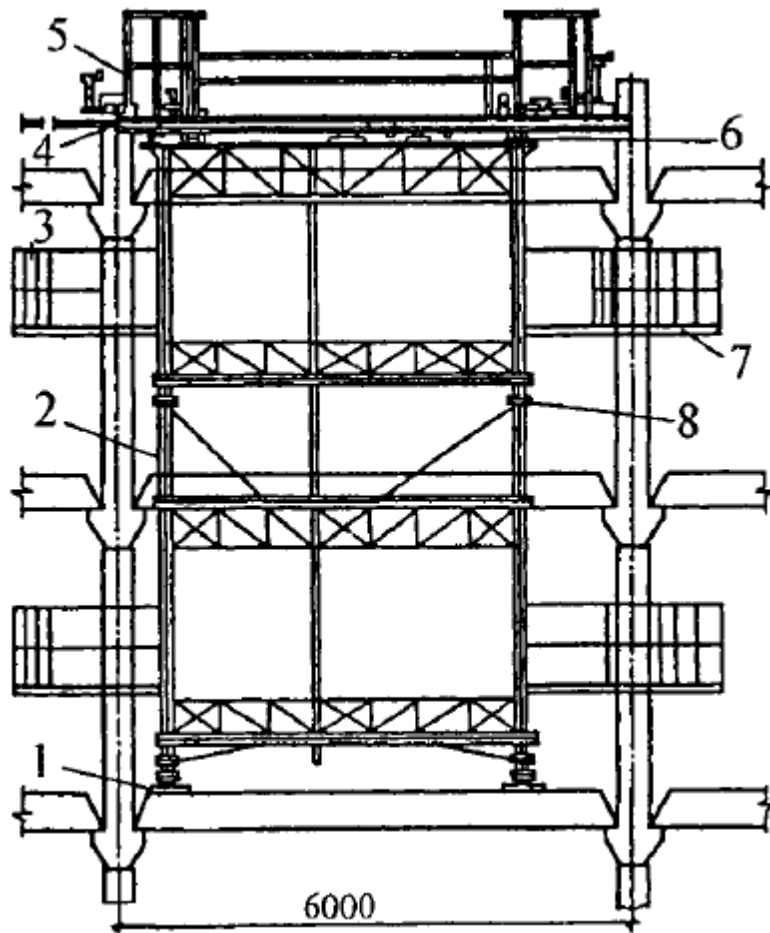
## Библиографический список рекомендуемой литературы

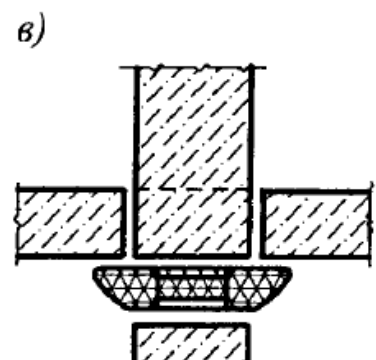
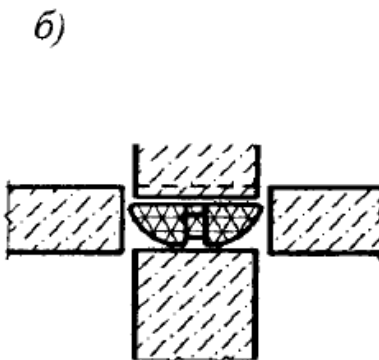
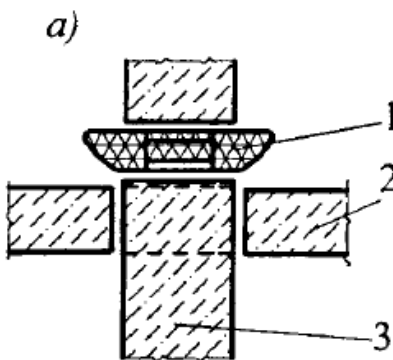
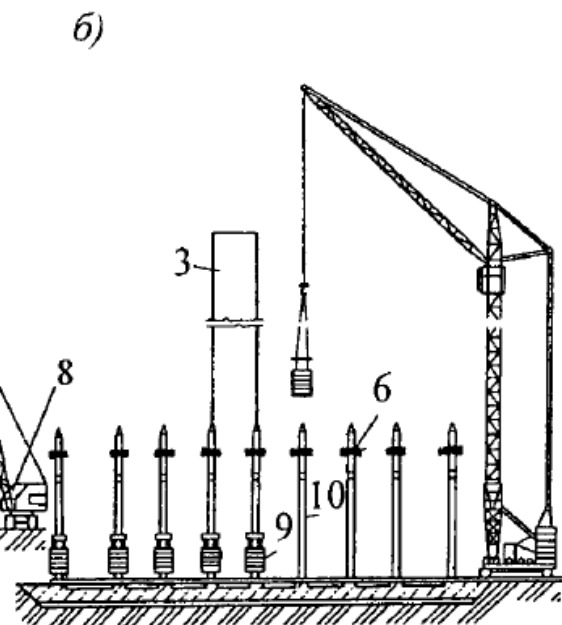
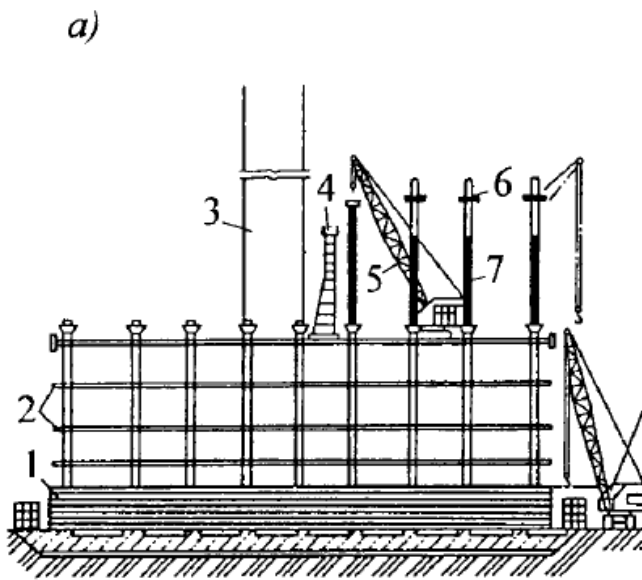
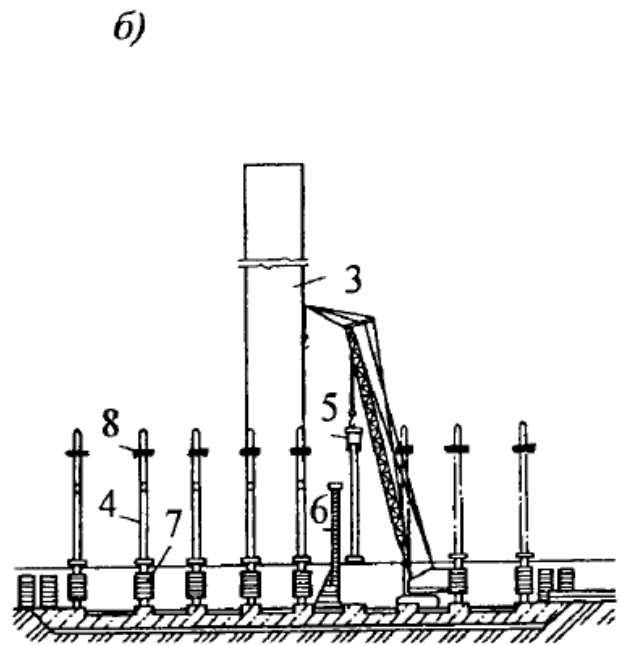
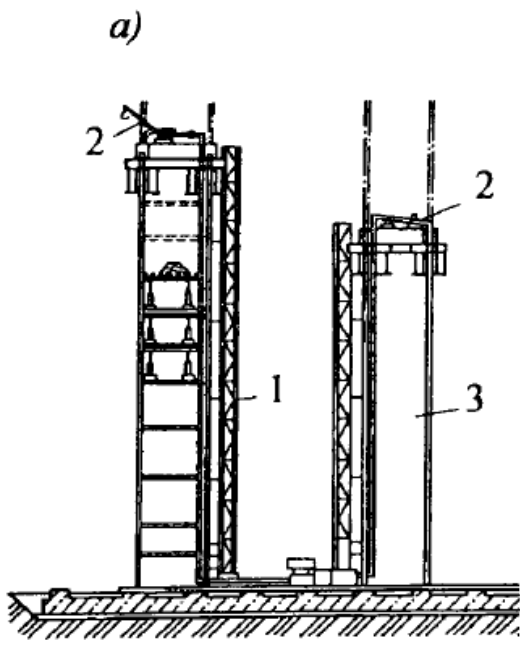
2. Штоль, Т. М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений [Текст] : учеб.пособие для вузов / Т. М. Штоль, В. И. Теличенко, В. И. Феклин. - М.:Стройиздат, 1990. - 288 с.
3. Белецкий, Б. Ф. Технология строительного производства[Текст] : учебник / Б. Ф. Белецкий. - М. : Изд-во Ассоциации строит.вузов, 2001. - 416 с.
4. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов [Текст] : учебник: в 2 ч. / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. - 3-е изд., стер. - М.:Высш. шк., 2006. - 2 ч.
5. Соколов, Г. К.Технология возведения специальных зданий и сооружений [Текст] : учеб.пособие / Г. К. Соколов, А. А. Гончаров. - М.: Академия, 2005. - 344 с.: ил.
6. Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений [Текст]: учебник / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. - 3-е изд., стер. - М.:Высш. шк., 2006. - 446 с.
7. Кочерженко, В. В. Технология возведения подземных сооружений [Текст]: учеб.пособ. / В. В. Кочерженко. - М.: Изд-во Ассоциации строит.вузов, 2000. - 160 с.
8. Технология возведения полносборных зданий [Текст]: учебник / под общ. ред. А. А. Афанасьева. - М.: Изд-во АСВ, 2007. - 359 с.

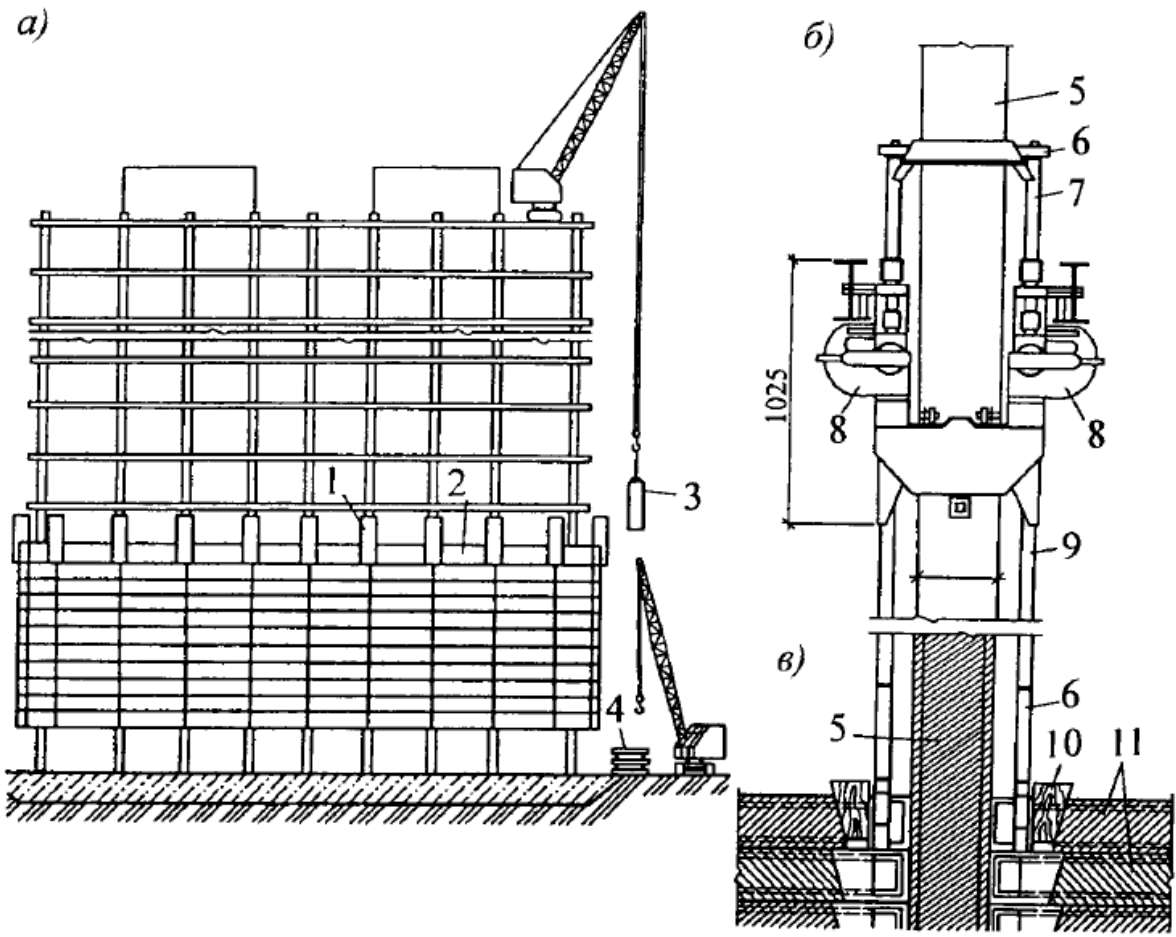


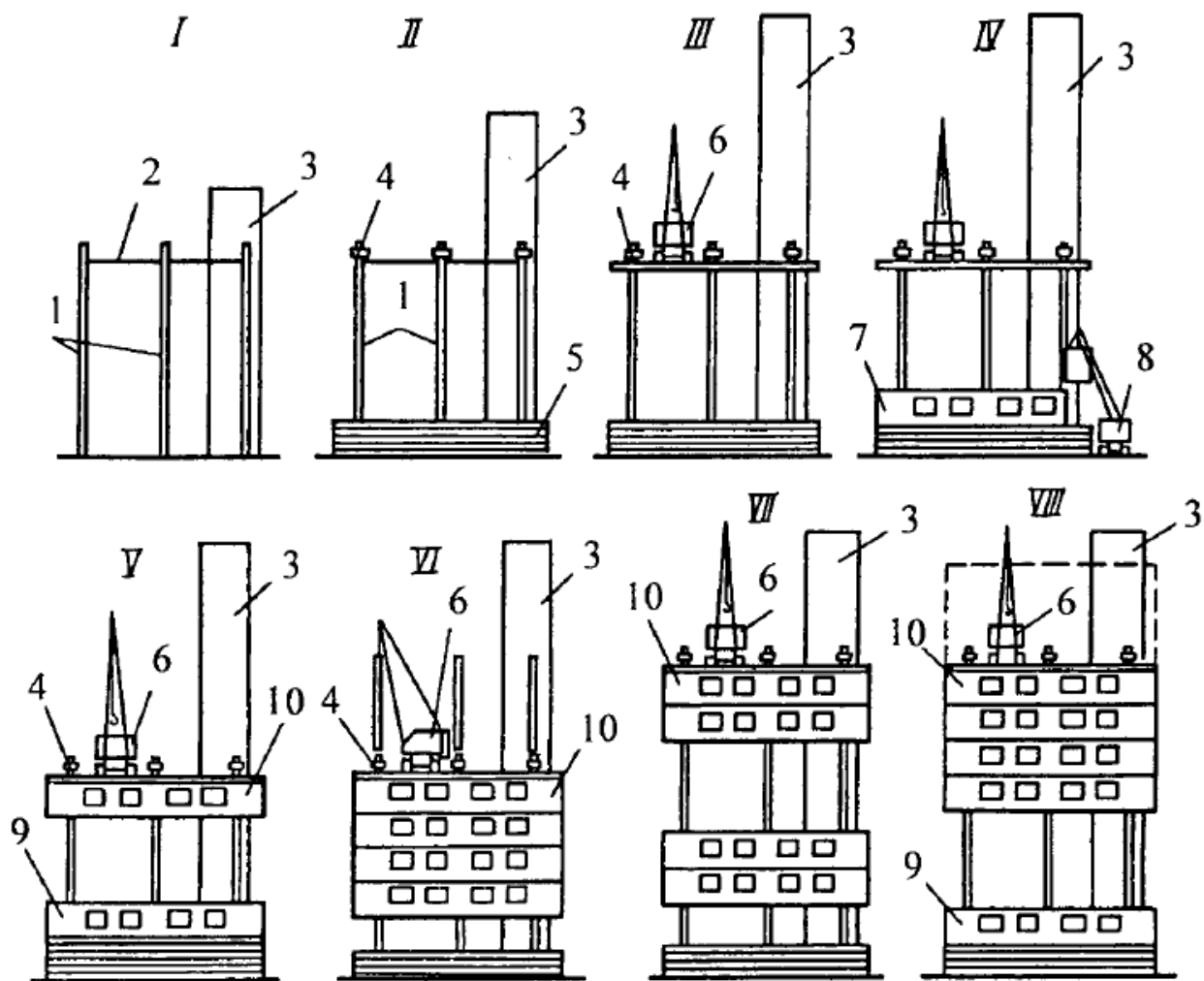




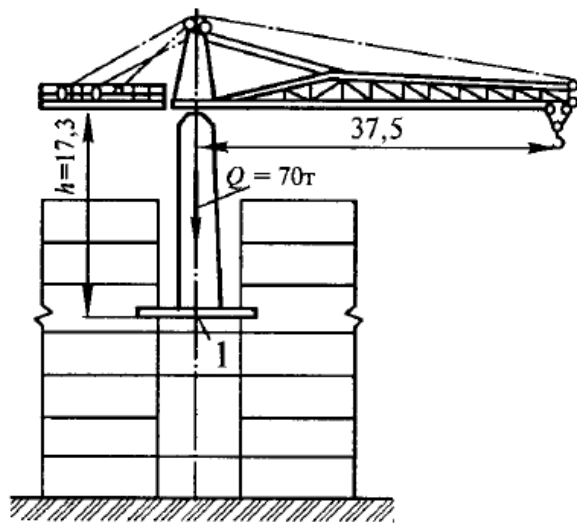




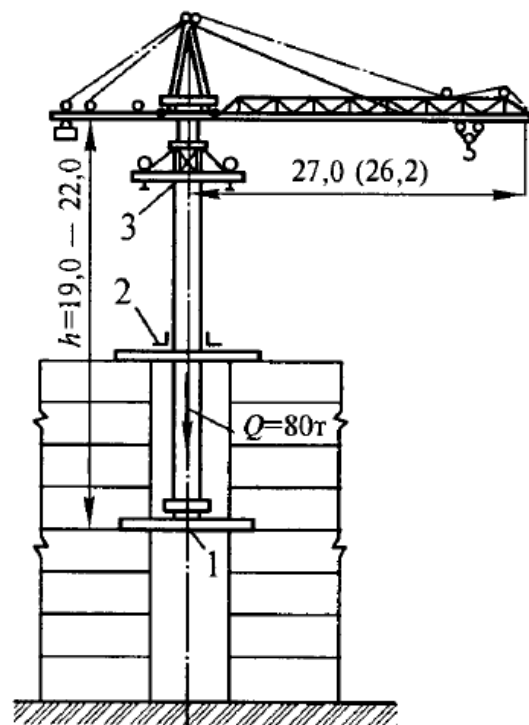


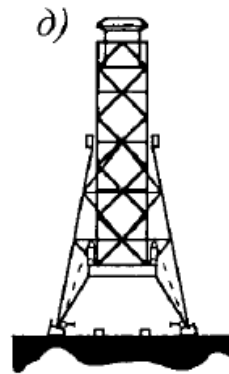
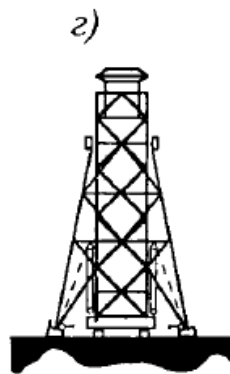
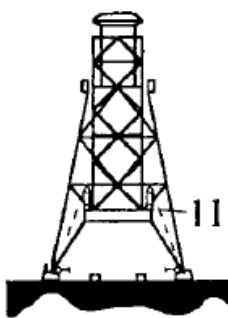
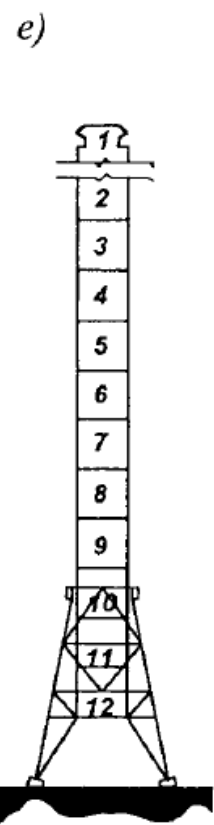
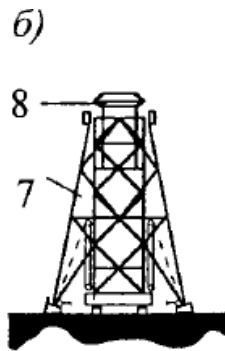
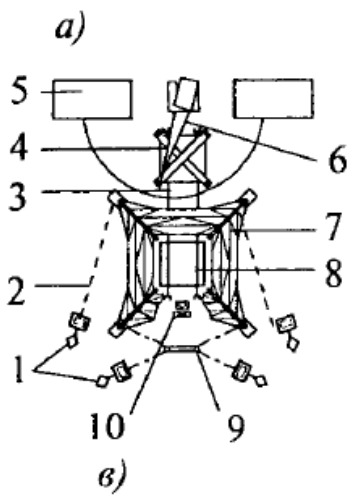
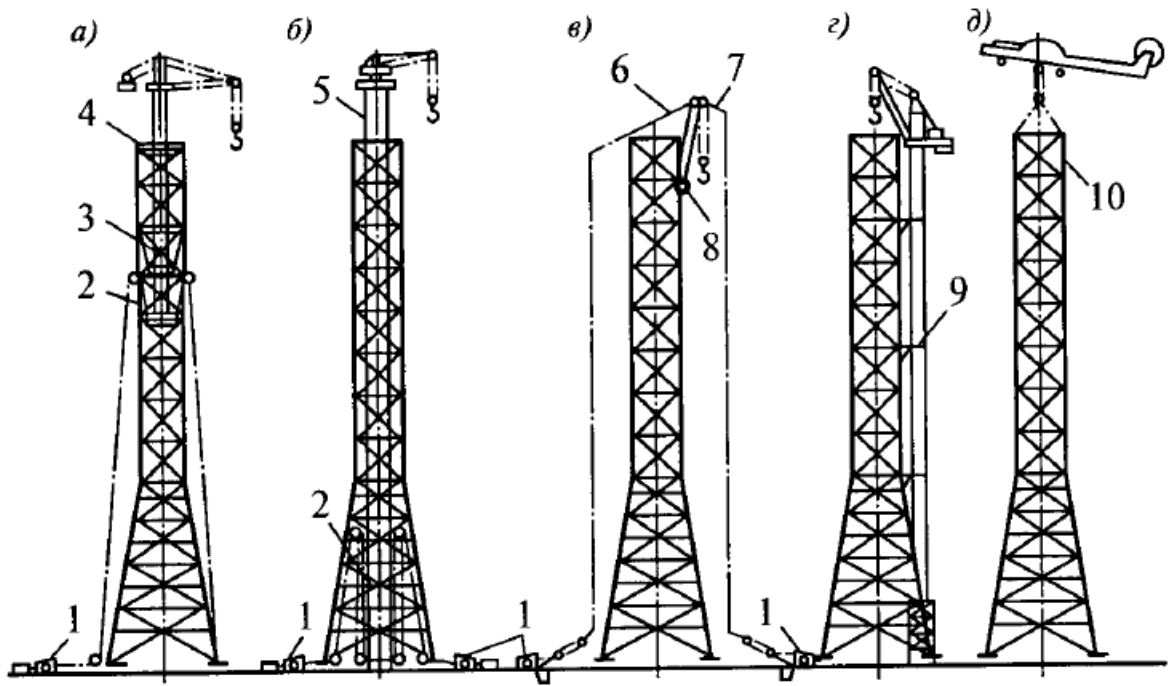


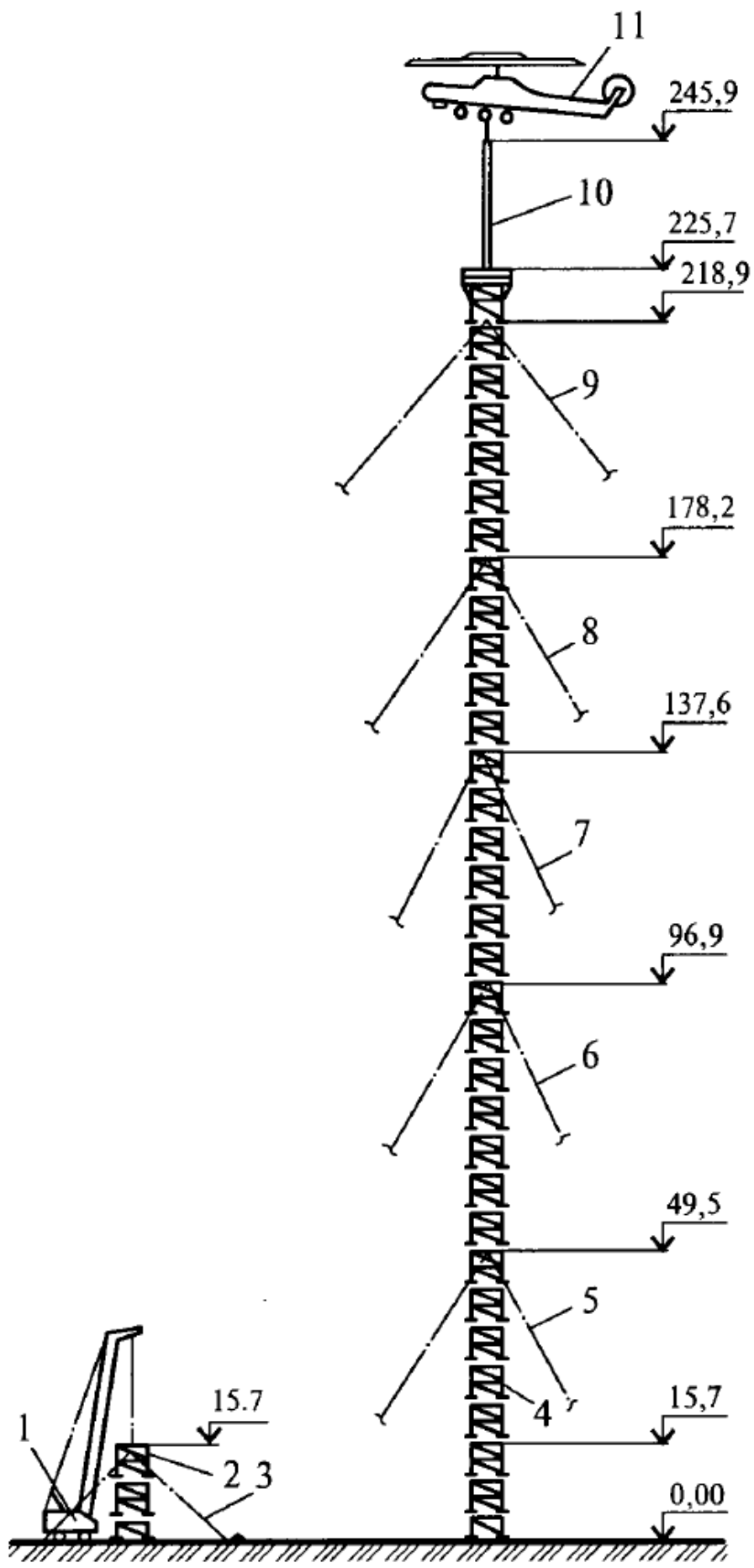
a)

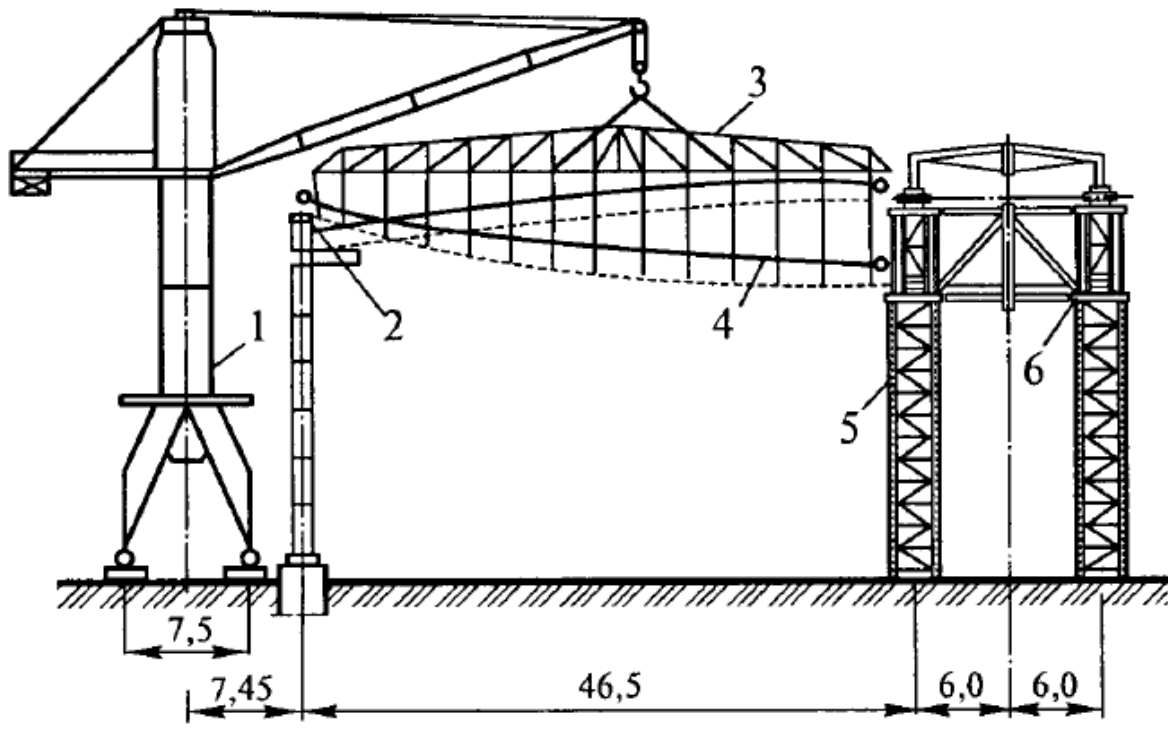
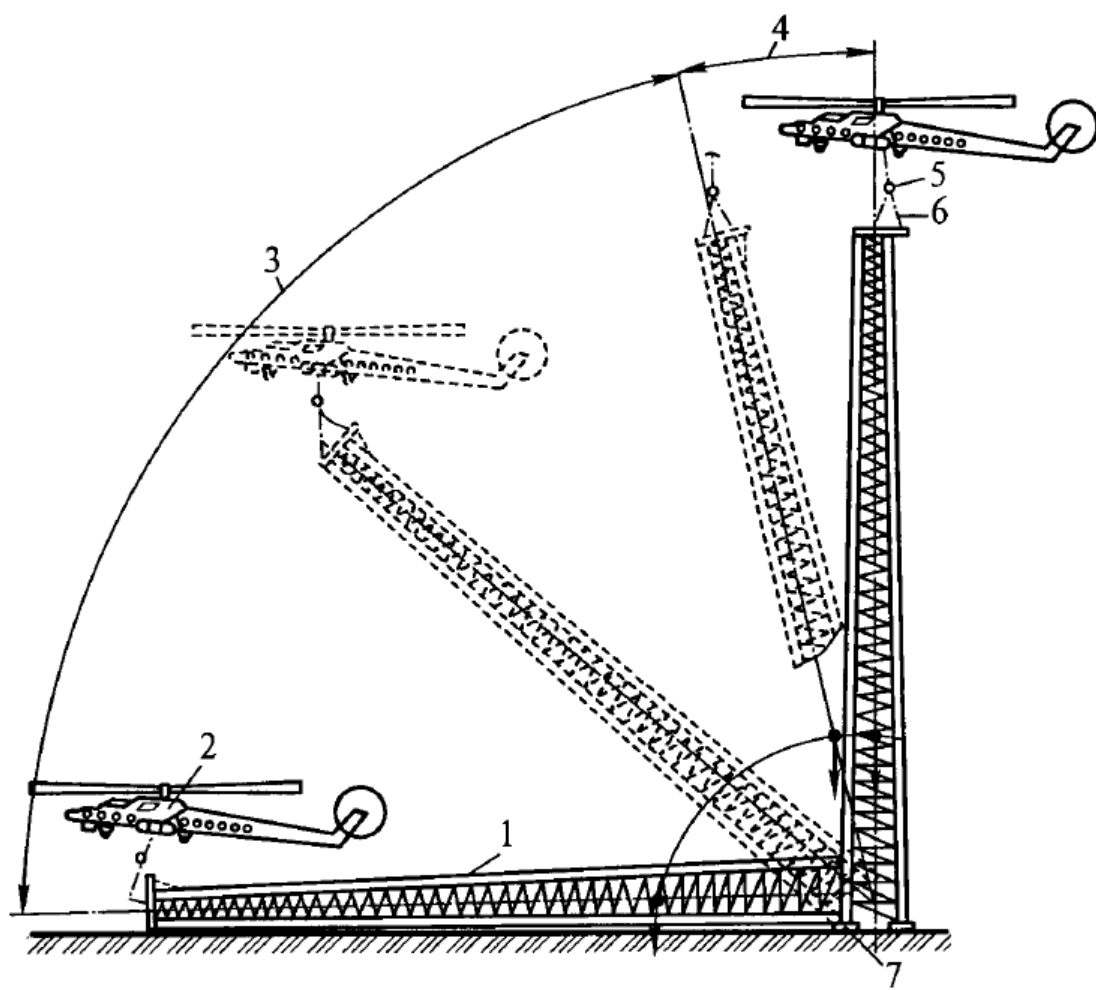


b)







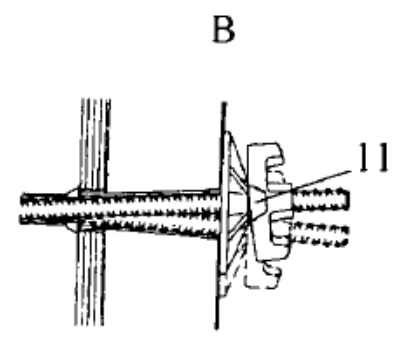
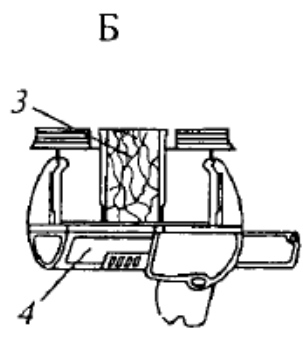
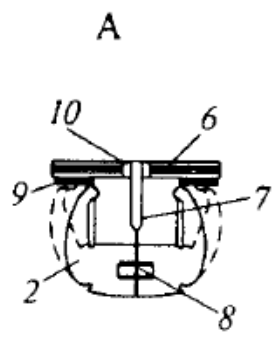
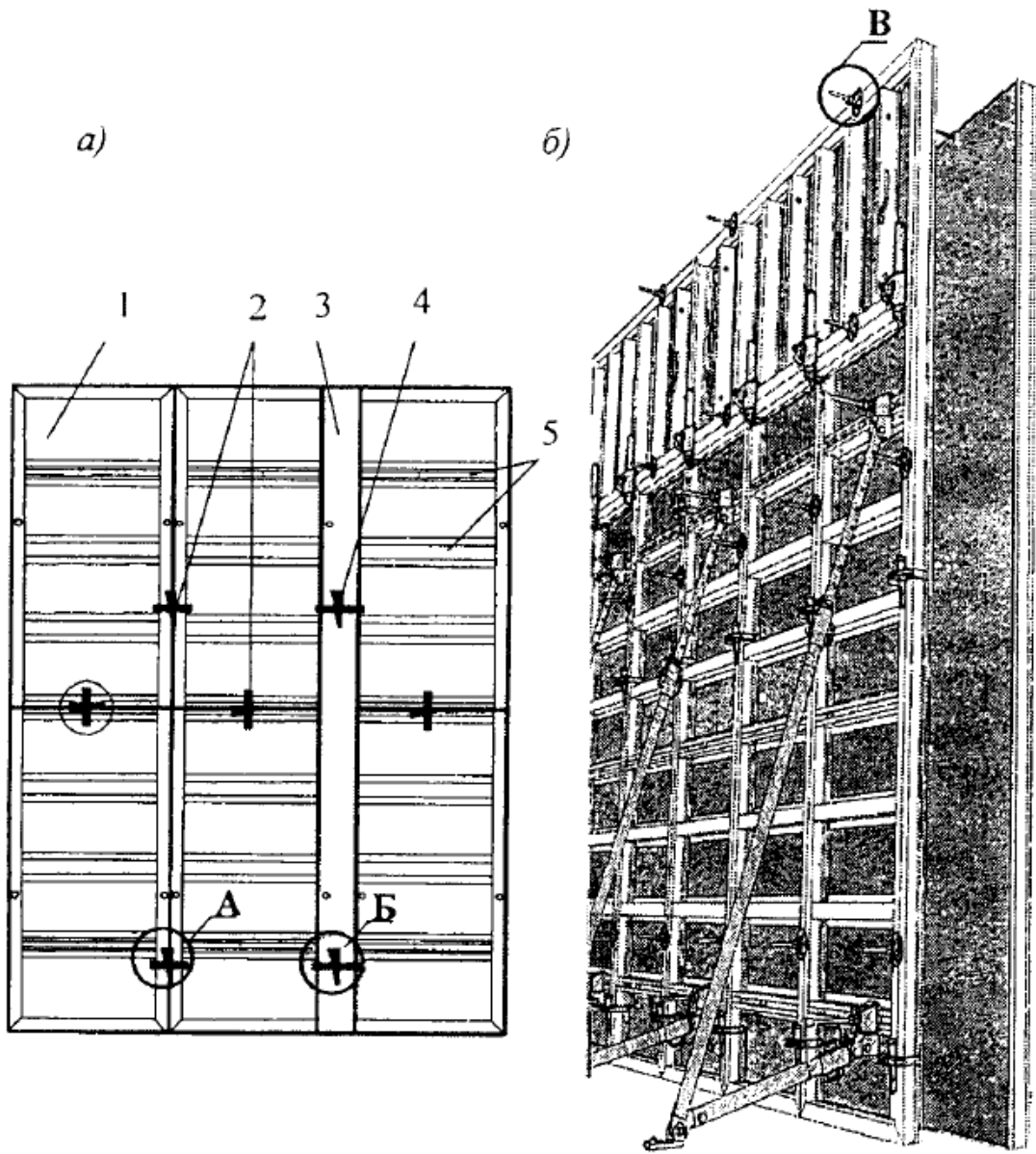


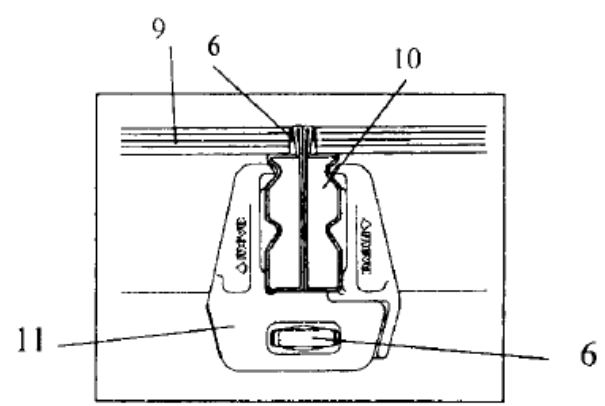
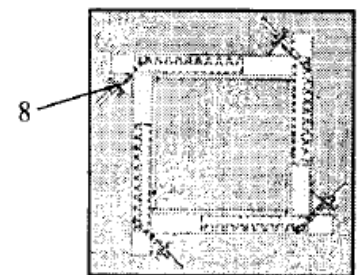
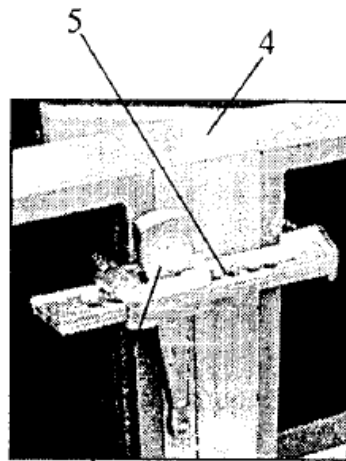
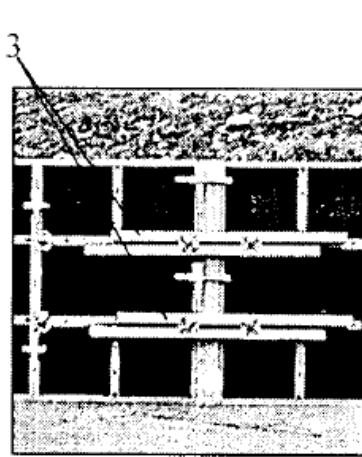
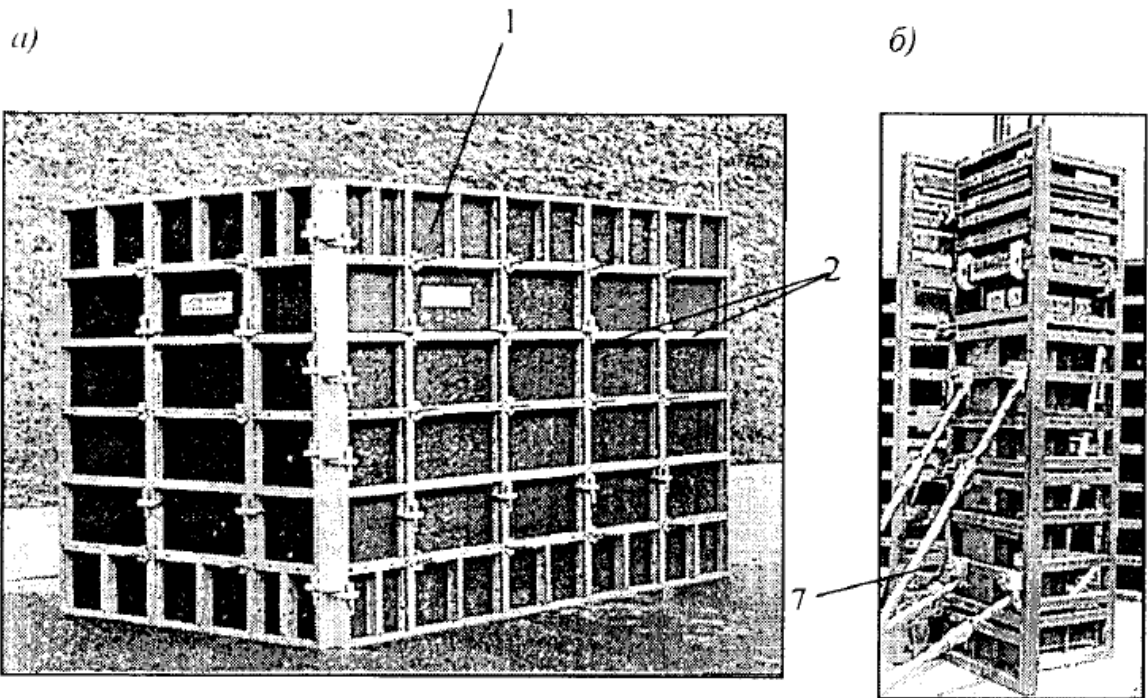
Мелкощитовые опалубки отличаются высокой универсальностью, их можно использовать для возведения самых различных конструкций — фундаментов, колонн, стен, балок, перекрытий. Тщательная обработка поверхности фанерной палубы дает возможность эксплуатировать ее до 200 циклов. Простота крепления опалубочных щитов к каркасу позволяет быстро заменять изношенную палубу.

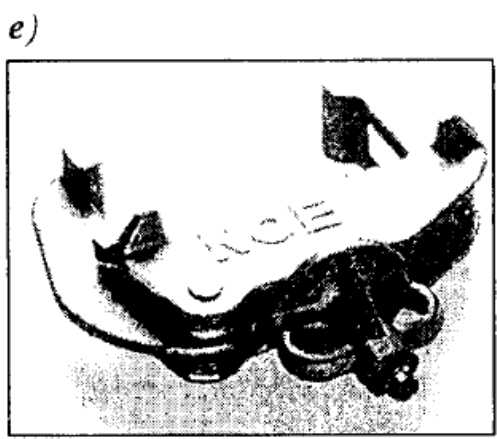
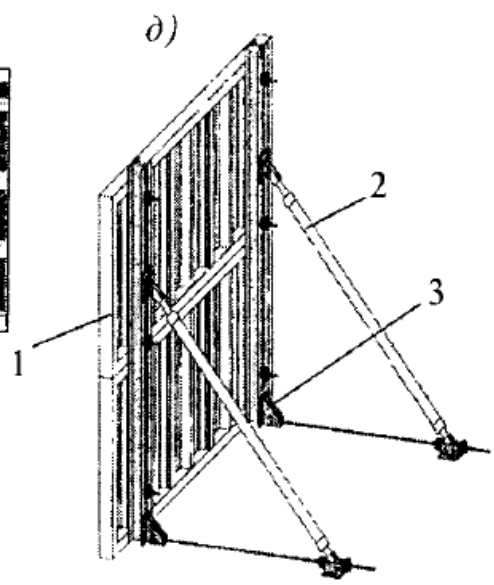
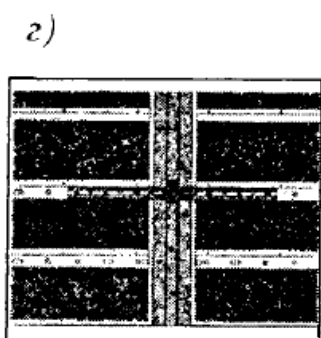
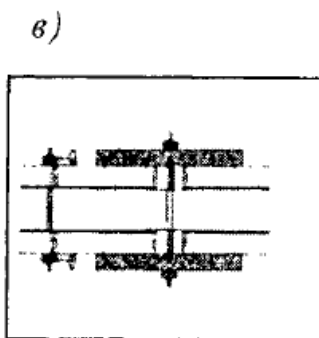
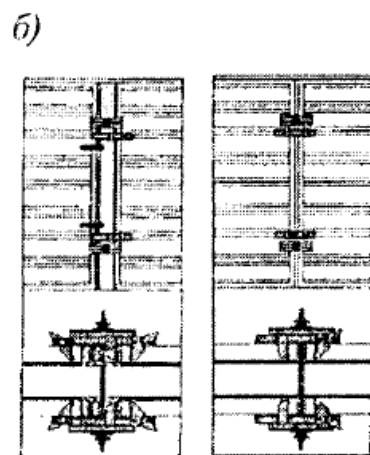
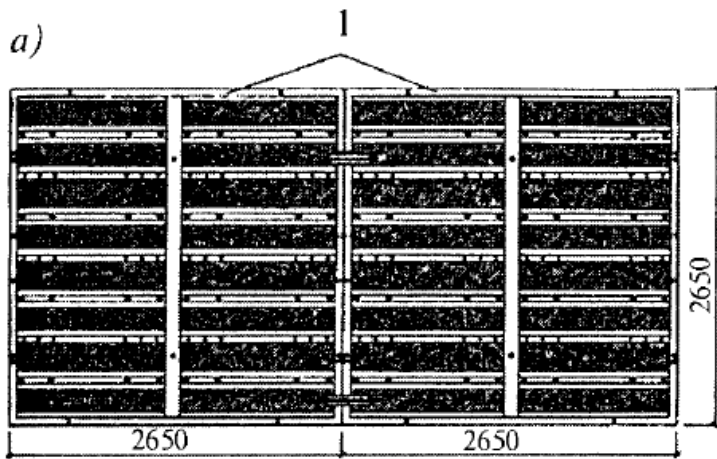
Технологичность монтажа и демонтажа опалубочных систем определяется прежде всего конструкцией соединительных элементов. В отечественных опалубках применяют замковые соединения в виде муфты или металлического стержня с чекой и болтовые соединения. Такое решение замкового соединения требует больших усилий и значительных трудозатрат при разборке, а особенно при заклинивании. При укрупнительной сборке часто используют морально устаревшие болтовые соединения, зарубежный же опыт основан на исключении болтовых соединений.

Существенным недостатком мелкощитовых опалубок являются большие трудозатраты на установку и снятие опалубки, низкий уровень механизации этих процессов.

**Мелкощитовая опалубка «Фрамакс» фирмы «Дока».** Рамная мелкощитовая опалубка «Фрамакс» нашла широкое распространение на строительных площадках Московского региона. Опалубка предназначена для бетонирования стен, фундаментов и колонн (рис. 22.1).

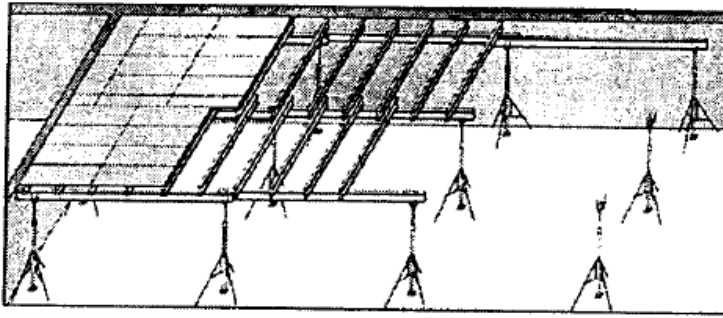




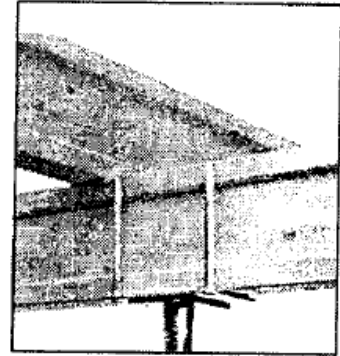




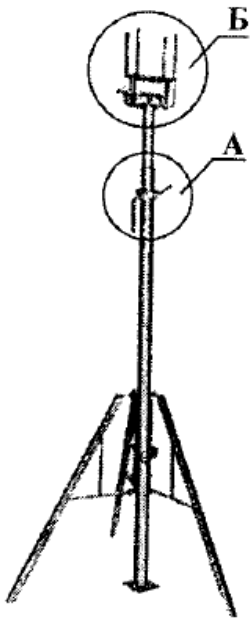
a)



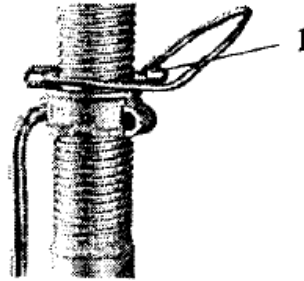
b)



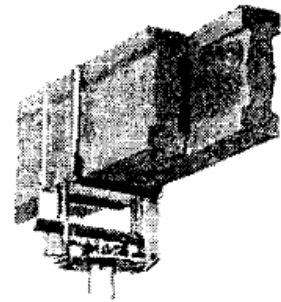
b)



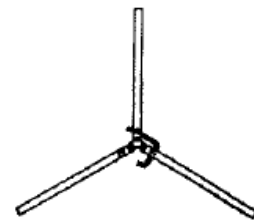
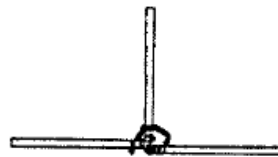
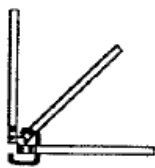
A

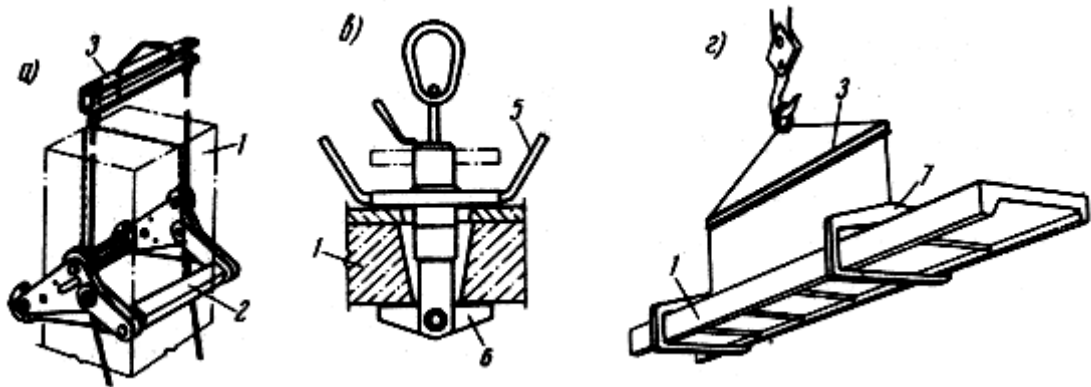
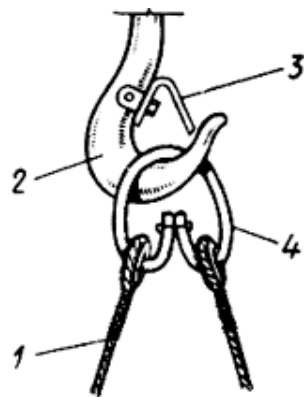
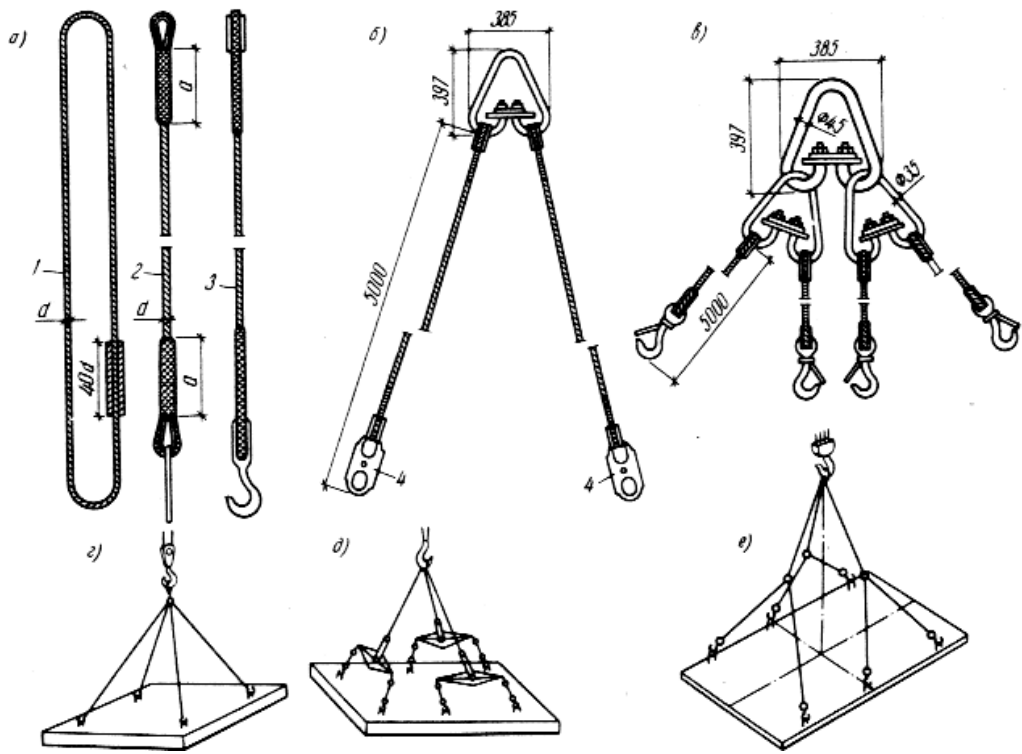


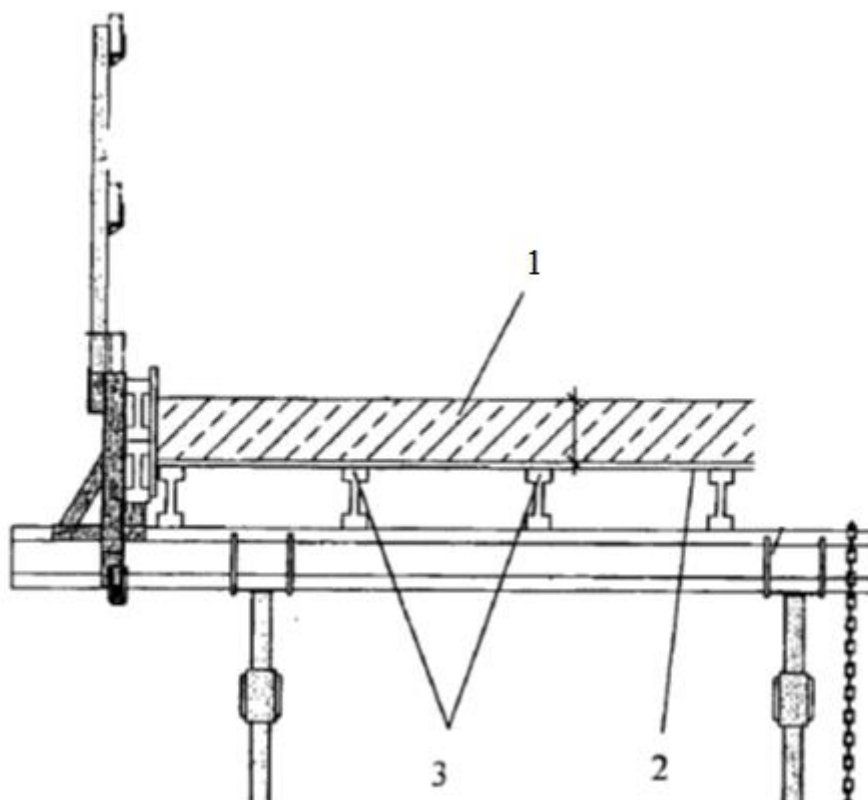
B



z)







Фактором, определяющим сроки распалубки, является приобретение бетоном перекрытий 70%-ной прочности. При снижении распалубочной прочности возникают пластические деформации, существенно превышающие допустимые значения.

Сокращение сроков распалубки достигается путём рационального использования различных средств, в том числе тепловой обработки (инфракрасный прогрев, использование греющих опалубок, укладка разогретой до  $50\div 60$  °С бетонной смеси и др.). Эти средства целесообразно использовать в летних условиях.



Рис. 97. Установка блоков опалубки в плане

Использование инфракрасных излучателей позволяет получать распалубочную прочность перекрытия за 18÷24 часов. Это обеспечивает возведение типового этажа за 8÷10 суток при комплекте опалубки на этаж.

На продолжительность возведения конструкций оказывает влияние правильный выбор комплекта опалубки. Как правило, сокращение сроков достигается при использовании комплекта опалубки на весь этаж.

Доборные панели позволяют использовать блоки для разных размеров зданий (рис. 99).



Рис. 98. Установка блоков опалубки в продольном разрезе

Для извлечения блоков используют специальные площадки, на которые выкатывают опалубку и краном перемещают её на следующую стоянку.

Для извлечения блоков можно также использовать монтажный проём в перекрытии, к которому подкатывают все блоки (рис. 100).

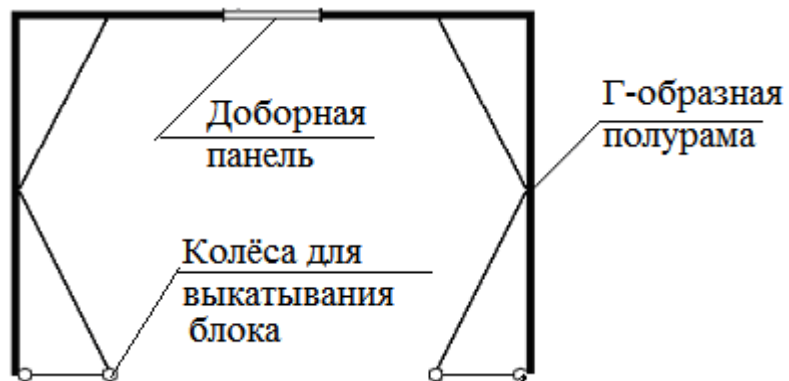


Рис. 99. Блок горизонтальной опалубки

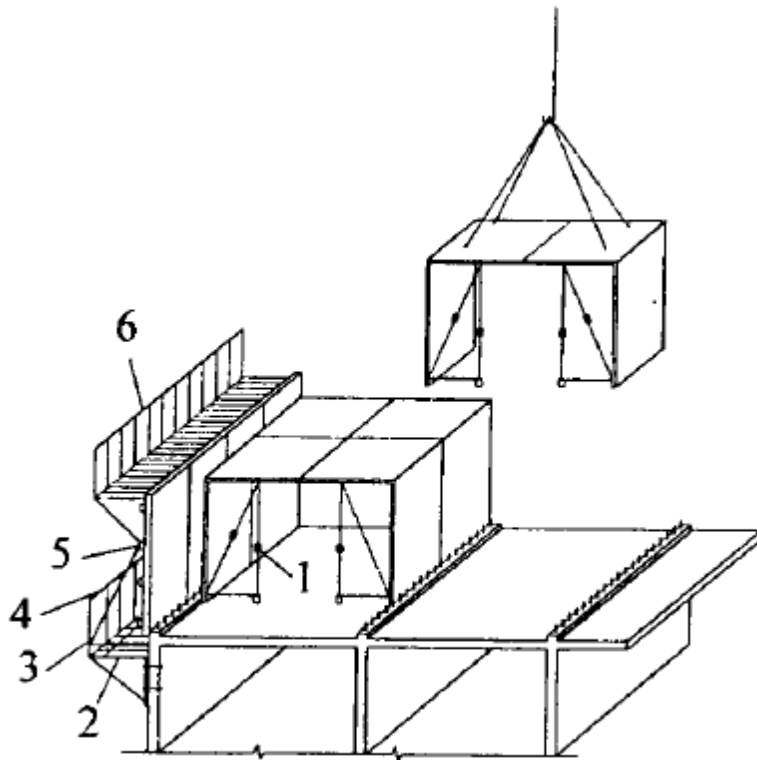


Рис. 23.3. Схема установки щитов объемно-переставной опалубки:

1 — механические домкраты; 2 — консольные подмости; 3 — телескопические наклонные стойки для крепления щитов; 4, 6 — ограждения; 5 — торцевой щит опалубки

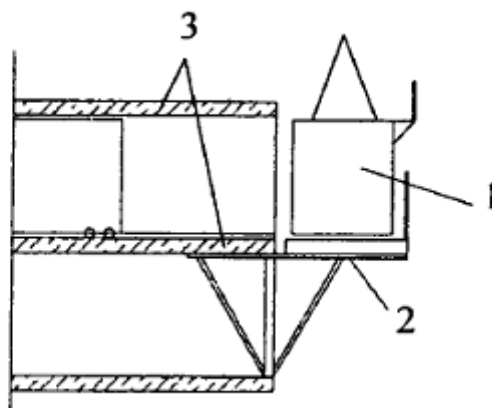


Рис.100. Извлечение блоков опалубки с применением выносной площадки

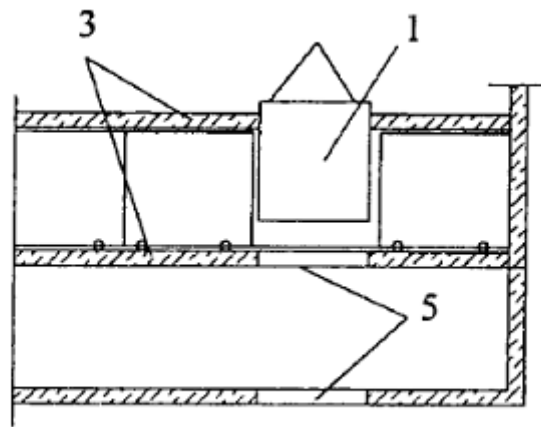
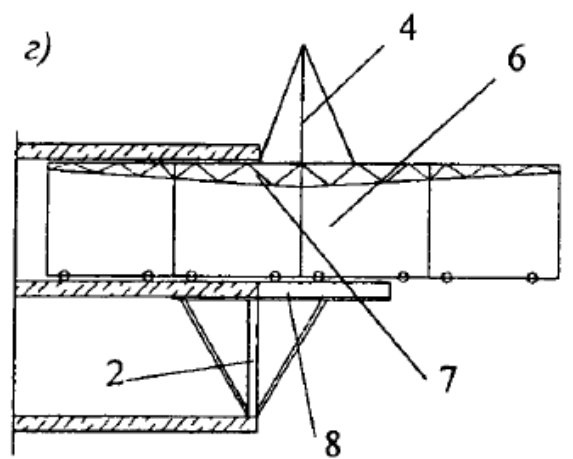
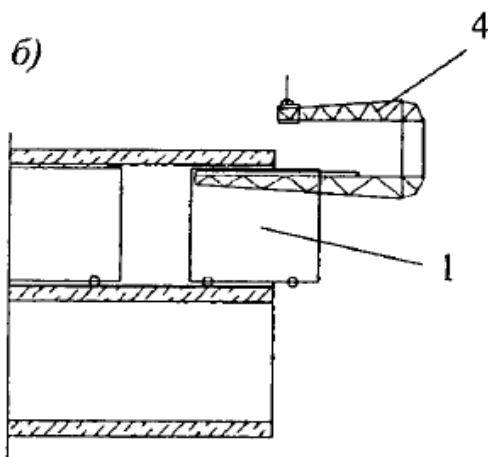
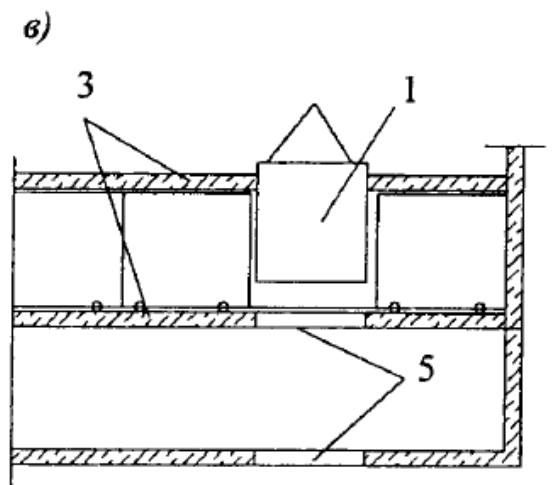
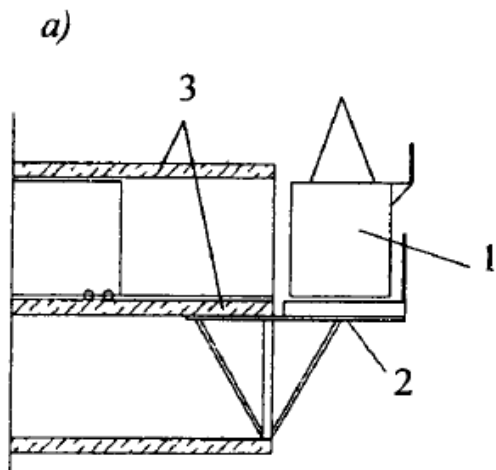


Рис.101. Извлечение через монтажный проём



*Рис. 23.4. Схема демонтажа объемно-переставной и туннельной опалубки:*

*а — мелкими секциями с помощью выносных подмостей; б — с помощью траверсы «утильный нос»; в — через проемы в перекрытиях; г — крупными блоками с помощью распределительной фермы и подмостей с откидным ограждением; 1 — секция опалубки; 2 — выносные подмости; 3 — перекрытие; 4 — траверса; 5 — проемы в перекрытии; 6 — крупноразмерный блок; 7 — траверса — распределительная ферма; 8 — откидное ограждение*

Панели, образующие туннель, имеют очень точные размеры, что позволяет отливать цоколи стен с высокой точностью их положения. Опалубку цоколей используют вначале на нижнем перекрытии, а затем устанавливают с помощью направляющих шаблонов на вертикальные панели туннеля таким образом, чтобы цоколь служил продолжением бетонируемой стены. Цоколь бетонируют одновременно с плитой перекрытия, точно задавая размеры стены следующего этажа без дополнительной регулировки.

Пролет туннеля может быть увеличен за счет дополнительной вставки между горизонтальными панелями. Эта вставка оснащается регулируемыми стабилизаторами и остается вмонтированной в полутуннель.

В особых случаях при бетонировании узких длинных пролетов представляется целесообразным работать с туннельной опалубкой, оставляемой в собранном виде после распалубки. Для этого полусекции туннеля оборудуют шатунами и тягами. Распалубку осуществляют за счет укорачивания (путем ввинчивания) подкосов и тяг, тем самым подтягивая боковые стенки опалубки к центру. Одну полусекцию опускают ниже соседней и заводят внутрь ее на несколько сантиметров. В результате такого сближения вертикальных щитов и опускания горизонтальных с помощью домкратов образуются зазоры по всему периметру туннельной опалубки, достаточные для перемещения туннеля вдоль пролета.

Иногда необходимо одновременно забетонировать и внутренние поперечные стены, в этом случае в торце туннельной опалубки монтируют заднюю панель. Ее собирают из двух элементов с соединением в паз и закреплением соединительными замками с туннельной опалубкой. Эти панели оборудуют домкратами выставления уровня и роликовыми колесами. Соединение с вертикальными панелями туннеля аналогично угловому соединению стеновой опалубки. Так формируется одна сторона опалубки стены. Вторую сторону собирают из элементов мелкощитовой опалубки; соединение этих двух опалубочных панелей выполняют на винтовых стяжках.

Распалубку полусекций осуществляют путем опускания опорных домкратов, при этом горизонтальная панель отрывается от забетонированного перекрытия в результате опускания домкратов подкосов. Туннельную секцию перемещают путем поочередного выкатывания полусекций на распалубочные площадки-подмости (рис. 23.8), при этом, когда одна из полусекций демонтирована, перед демонтажом второй полусекции перекрытие подпирают опорными стойками в центре пролета по оси соединения полусекций до набора бетоном необходимой прочности. На распалубочной площадке на опалубочные вертикальные поверхности наносят смазку, далее полутуннель переставляют на новую захватку. Распалубочные и рабочие площадки предназначены для удобства выполнения работ по очистке и смазке опалубки, они обеспечивают безопасность и свободное перемещение рабочих, оснащены защитными сетками.

Для извлечения туннельной опалубки из забетонированной ячейки используют выкатные платформы. Их устанавливают между полом и верхним перекрытием, монтируют

и перемонтируют на новое место с помощью крана по мере продвижения строительных работ. Если туннели извлекают с одной стороны здания, с противоположной стороны монтируют площадки-подмости для безопасного перемещения рабочего персонала от одной ячейки к другой. Если используют балансир, аналогичный применяемому при извлечении столовой опалубки, то выкатные подмости не нужны.

Высокая размерная точность туннельной опалубки позволяет механизировать отделку забетонированных и распалубленных поверхностей. Для работы с двухсекционной опалубкой требуется немного рабочих. Технологический процесс легко осваивается за счет повторяемости одних и тех же операций, причем доля тяжелого ручного труда минимальна.

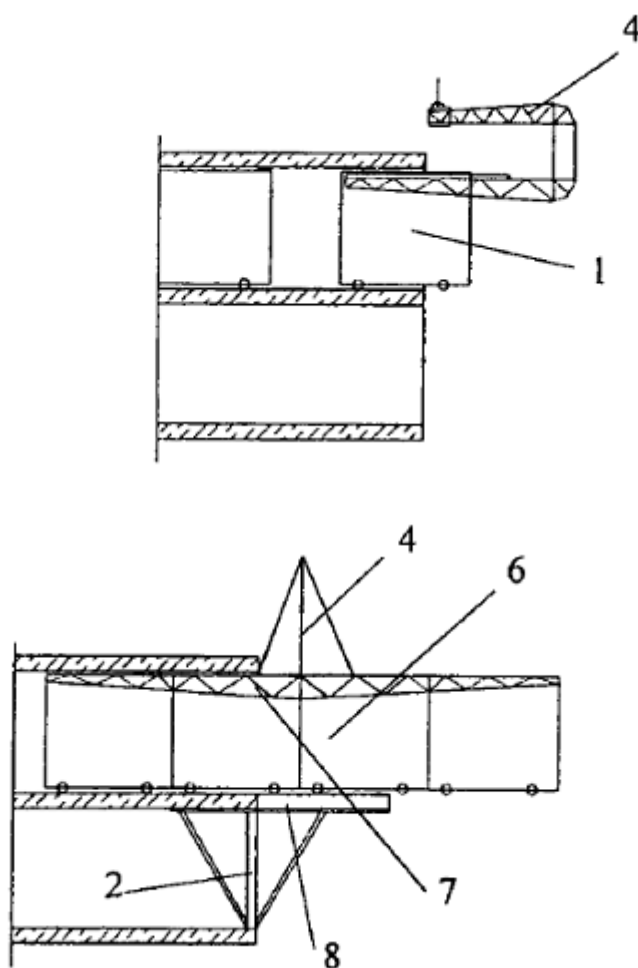


Рис.102. Извлечение блоков специальными траверсами

### Возведение зданий в скользящей опалубке

Скользящая опалубка выгодна при возведении одиночных зданий высотой не менее 25 м, так как при меньшей высоте затраты на монтаж и демонтаж с учётом стоимости опалубки не превышают эффекта от интенсивного ведения работ.

Сдерживающие факторы развития и широкого применения скользящей опалубки следующие:

- 1) резкое удорожание производства работ в зимнее время;
- 2) потребность в большом количестве рабочих высокой квалификации, в том числе для обслуживания систем скользящей опалубки;
- 3) резкое снижение эффективности технологического процесса бетонирования при различных организационных неполадках и перерывах;
- 4) большие затраты на ликвидацию всякого рода дефектов бетонирования и на доводку забетонированной поверхности;
- 5) сложность устройства перекрытий.

Часть причин может быть устранена технологическими приёмами. Так, бетонирование можно производить не круглосуточно, а с перерывами, используя специальные добавки к бетонным смесям. Например, замедлители твердения позволяют продлить период схватывания до 18 часов. При бетонировании в районах с холодным климатом широко используются ускорители твердения, а также тепловая обработка бетона (инфракрасная обработка, электропрогрев и т.п.), которые не снижают темпа бетонирования.

Основными элементами скользящей опалубки являются щиты, домкратные рамы, кружальные доски, рабочий настил, подвесные подмости и домкратные стержни (рис. 85). Для возможности дальнейшего извлечения стержней в процессе бетонирования для них образуется канал с помощью защитной трубки  $L=1500$  мм. Домкратные рамы являются основными несущими элементами. На них устанавливаются с помощью кружальных досок щиты опалубки, подмости рабочего настила и подвесные подмости. На домкратные рамы ставят домкраты, которые, опираясь на

стержни, поднимают всю конструкцию опалубки. Щиты опалубки устанавливаются таким образом, чтобы расстояние между ними увеличивалось к низу, образуя конусность в пределах  $5 \div 7$  мм на высоту щитов  $1,0 \div 1,2$  м. Внутренний щит устанавливается с наклоном, а наружный вертикально. Домкратная рама выполняется с двумя стойками, на пересечении стен с тремя и четырьмя стойками. Сначала для монтажа объемных блоков применялись только гусеничные краны, а затем башенные; возможно применение ползущего крана с установкой на монолитных лестнично-лифтовых узлах здания.

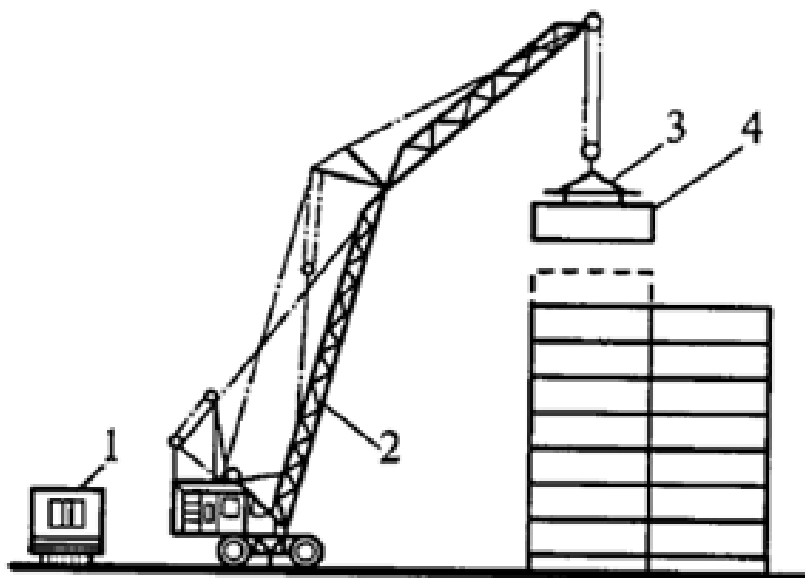


Рис. Монтаж зданий из объемных блоков башенно-стреловым краном:  
1-доставка блока; 2- монтажный кран; 3– траверса; 4- монтируемый блок;

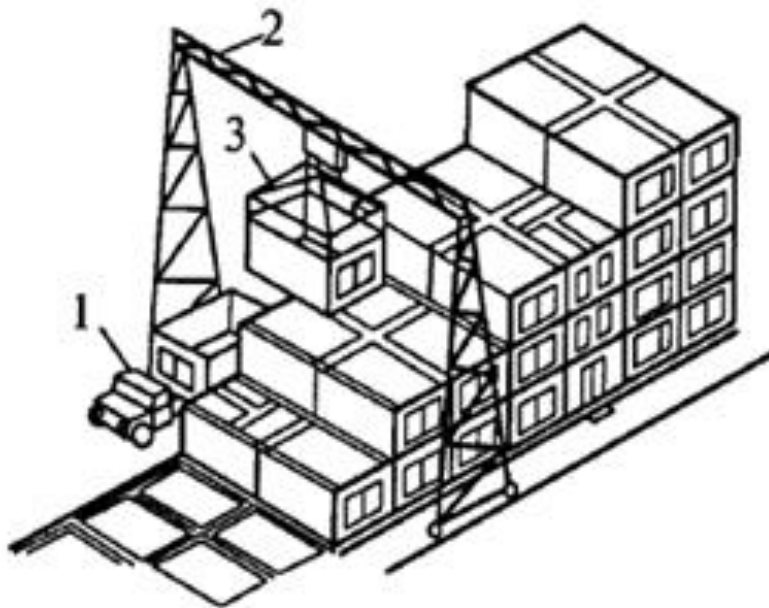


Рис. Монтаж зданий из объемных блоков козловым краном: 1-доставка блока; 2- монтажный кран; 3 – траверса; 4- монтируемый блок

Наиболее подходящим краном для монтажа объемно-блочных зданий высотой 9-16 этажей является серийно выпускаемый башенный кран КБ-674 грузоподъемностью 10-25 т и вылетом стрелы 35-40м.

Для защиты от атмосферных осадков в процессе перевозки и монтажа применяется укрытие (инвентарная складная брезентовая кровля).

Для монтажных петель используется большое количество стали, поэтому можно применять клещевые захваты, опускаемые в специальные щели, устраиваемые в панели потолка. Вес блока примерно равен 16 т.

Изготавливаются новые блоки с перегородками, соединяющие в себе два типа блоков: «стакан» и «лежащий стакан».

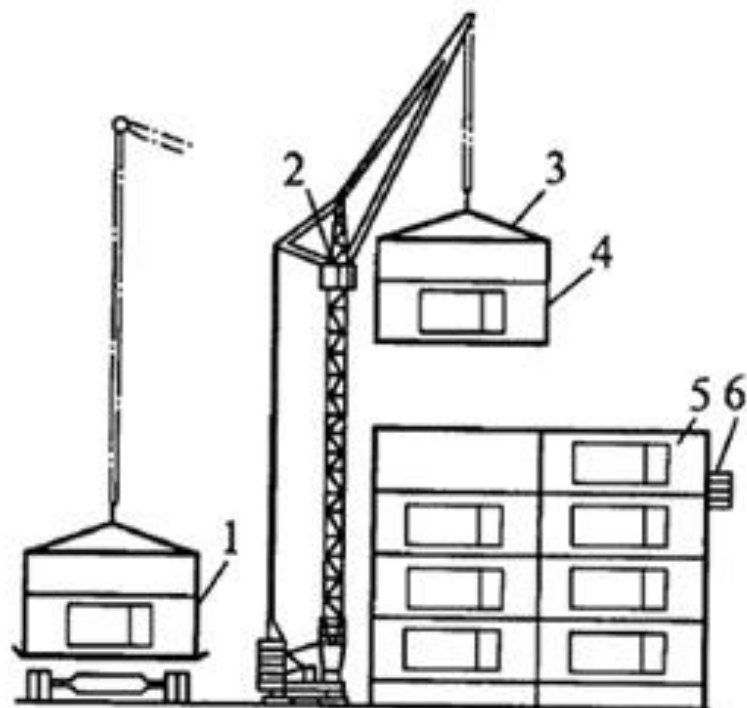


Рис.Монтаж зданий из объемных блоков башенным краном: 1-доставка блока; 2- монтажный кран; 3 – траверса; 4- монтируемый блок; 5 – смонтированные блоки; 6 – навесная люлька для герметизации швов