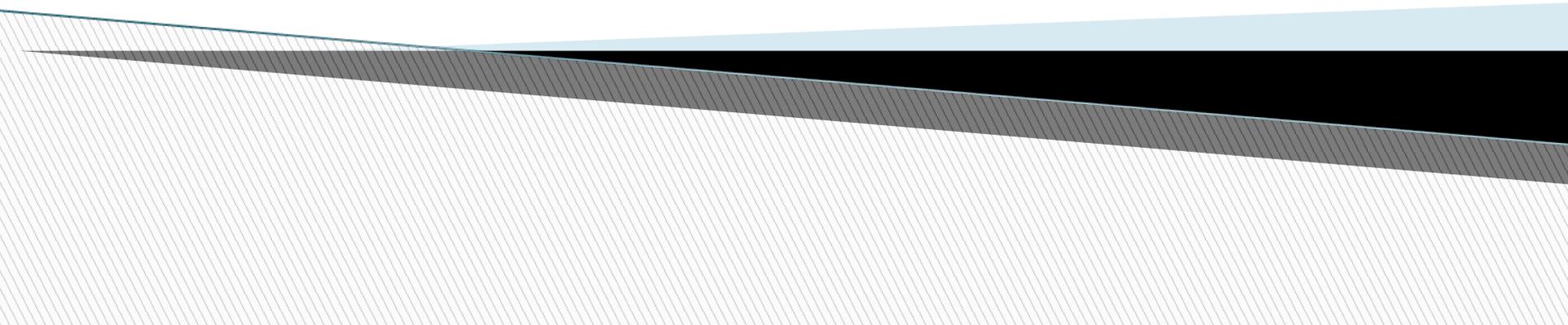


# Тема 9. МОНТАЖ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Лекция 9.4  
Монтаж высотных инженерных  
сооружений



## **ВОПРОСЫ:**

- 9.4.1. Монтаж конструкций высотных инженерных сооружений.
- 9.4.2. Технология монтажа легкого стенового ограждения (из панелей типа «Сэндвич»).
- 9.4.3. Технология выполнения сварных и болтовых соединений элементов металлических конструкций.

### 9.4.1. Монтаж конструкций высотных инженерных сооружений.

*Высотные сооружения* – сооружения, высота которых намного превышает их размеры в поперечном сечении (работают на восприятие преимущественно горизонтальных нагрузок, например, ветровой).

Высотные сооружения – вытяжные трубы, опоры антенных сооружений радио- и телевидения, метеорологические вышки, опоры воздушных линий электропередач и т. п.

*Башня* — вертикально свободно стоящее высотное сооружение, жестко заземленное в основании (анкеровка ствола башни к фундаментам) и не требующая по этой причине оттяжек.

Башни представляют собой решетчатые конструкции из трубчатых, прокатных или сварных профилей. Поперечное сечение — треугольник, квадрат, шестигранник, восьмигранник. По центру башни предусматривают вертикальные конструкции для шахт лифтов, лестниц, различных технологических устройств.

Устойчивость башен обеспечивается надежным соединением надземной части с фундаментами.

Для уменьшения объема и глубины заложения фундаментов базу башни проектируют уширенной в виде усеченной пирамиды с фундаментами по ее периметру, а каркас верхней части башни в виде призмы. Стыки поясов и решетки башни могут быть сварными или болтовыми.

*Мачта* — вертикальное высотное сооружение, шарнирно или заземленно опирающееся на фундамент и удерживаемое натянутыми и наклонно идущими к земле стальными канатами-оттяжками в один или несколько ярусов.

Мачты чаще всего имеют решетчатую конструкцию трех- или четырехгранного сечения или листовую конструкцию в виде сплошной трубы. Ствол решетчатых мачт состоит из пространственных секций длиной 6,75...13 м, изготавливаемых на заводе и соединяемых при монтаже фланцами на болтах.

Мачты листовой конструкции состоят из секций диаметром 1,2...2,5 м длиной до 9 м, они соединяются между собой встык сваркой или болтами на накладках. Встречаются и комбинированные решения соединения элементов.

Для строительства мачт и башен применяют обычно сталь, железобетон используют реже. На практике нередко монтируют башни смешанной конструкции — нижняя часть из железобетона, верхняя — из стали.

Мачты экономичнее башен по расходу металла и стоимости. При высоте до 150 м стоимость мачт на 20...30% ниже. Этот разрыв возрастает с увеличением высоты сооружения. Однако сооружениям мачтового типа присущи определенные недостатки. Достоинства башен по сравнению с мачтами:

- меньшая площадь застройки;
- отсутствие необходимости периодической регулировки и замены растяжек;
- большая надежность при эксплуатации;
- удобное при монтаже и эксплуатации технологическое оборудование;
- большая эстетичность — отсутствие оттяжек и растяжек.

При выборе конструктивного решения того или иного сооружения в каждом конкретном случае проводят технико-экономическое обоснование различных вариантов решений с учетом местных условий строительства.

## Отличия башен от зданий и сооружений обычного типа:

- большая высота конструкций, значительно превышающая размеры поперечного сечения и основания в плане;
- незначительная масса технологического оборудования по сравнению с собственной массой конструкций;
- второстепенное значение собственной массы конструкций и технологического оборудования по сравнению с ветровой нагрузкой.

## Технологические факторы возведения башен:

- зависимость возможности проведения монтажных работ от метеорологических условий;
- ограниченное число рабочих мест в зоне производства работ;
- небольшая масса монтажных элементов и их малая повторяемость;
- повышенные требования к качеству работ и точности монтажа, постоянный геодезический контроль.

При монтаже башен необходимо учитывать возникающие дополнительные нагрузки от:

- монтажных механизмов (подвесные краны, порталы, лебедки);
- изменения пространственного положения конструкции в процессе монтажа по сравнению с эксплуатационным (поворот башни вокруг шарниров при методе поворота);
- приложения сосредоточенных усилий в отдельных узлах при подъеме (крановый подъем собранной башни или ее частей, собранных на земле).

Экономические требования к башням:

- долговечность сооружения при наименьших затратах на его строительство и эксплуатацию;
- технологичность, малая трудоемкость при заводском изготовлении и монтаже;
- минимальные сроки работ, максимальная безопасность и нормальные условия ведения монтажных работ.

При возведении башен наиболее распространены следующие методы:

- *наращивание конструкций в проектном положении* — традиционное поярусное возведение снизу вверх;
- *монтаж поворотом* — предварительная сборка башни на земле в горизонтальном положении с последующим поворотом вокруг шарнира в вертикальное проектное положение;
- *подращивание конструкции* — сборка в вертикальном положении, начиная с самых верхних конструкций, их подъем, подведение под них последующих конструкций, их общий подъем до полного выдвигения всей конструкции.

У каждого метода имеются свои способы и разновидности. Но для большинства башен с пирамидальной нижней частью монтаж этой части осуществляют готовыми пространственными блоками до отметки, определяемой техническими возможностями принятых монтажных стреловых или башенных кранов.

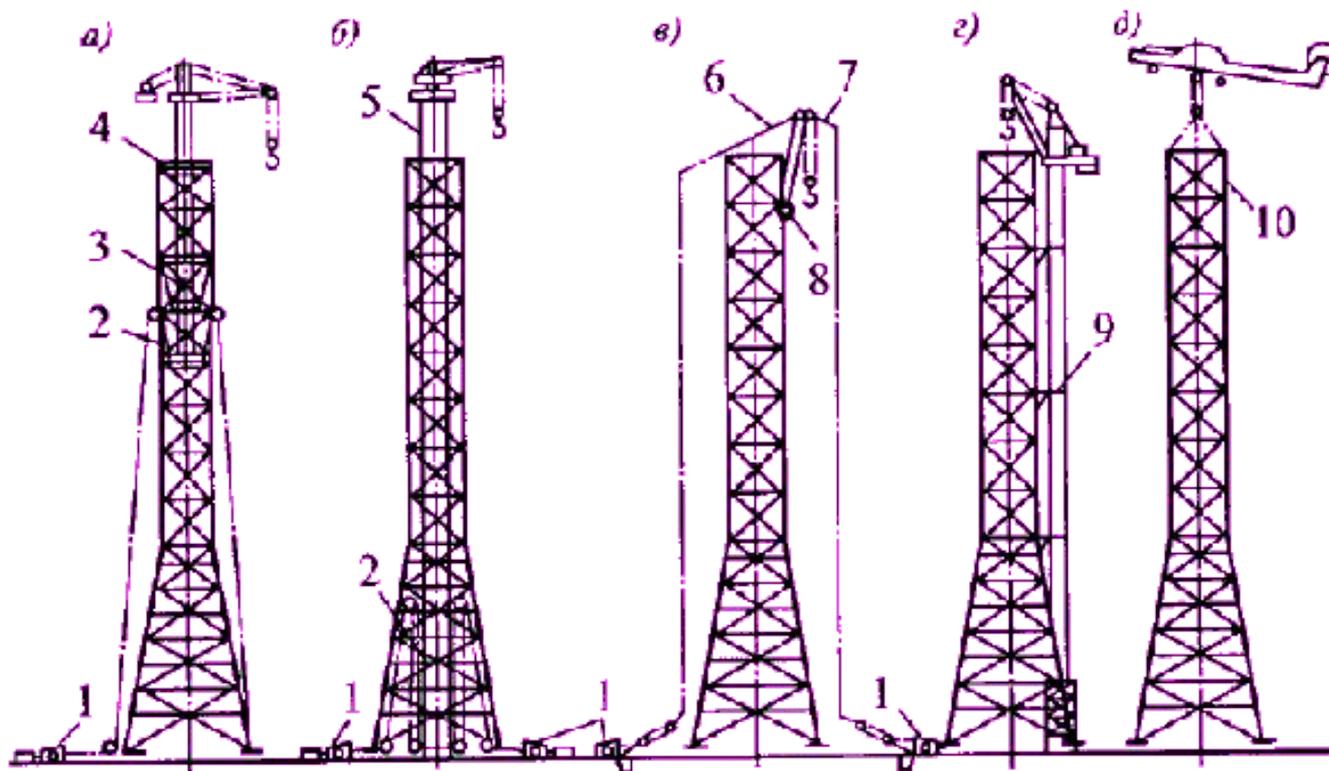
## **Монтаж башен наращиванием**

Метод имеет преимущественное распространение, им монтируют в основном башни высотой до 100 м.

Сущность метода — поярусный монтаж от нижних отметок к верхним с использованием различных монтажных механизмов. При наращивании монтаж ведут до определенных отметок монтажным краном, установленным на земле, а затем другим механизмом, установленным или закрепленным на смонтированных конструкциях. Этот механизм последовательно перемещается по смонтированным конструкциям по мере возведения башни и осуществляет поэлементный монтаж.

Монтаж наращиванием можно осуществлять с помощью различных монтажных механизмов:

- переставной кран типа кран-укосина;
- универсальный подвесной самоподъемный кран;
- ползучий самоподъемный кран.



**Схемы монтажа башен:**

*а — универсальным подвесным краном;*

*б — оголовком самоподъемного крана на трубе;*

*в — самоподъемным порталным подъемником;*

*г — приставным краном;*

*д — вертолетом;*

*1 — электролебедка с якорем; 2 — тяговые полиспасты; 3 — обойма;*

*4 — монтажная рама; 5 — труба; 6 — задняя тяга; 7 — передняя тяга;*

*8 — опорный стержень; 9 — опорные рамки крана; 10 — ловители*

При монтаже вытяжной башни с помощью *универсального подвесного крана* его устанавливают в газоотводящем стволе. Перемещение крана вверх после завершения монтажа очередного яруса башни осуществляют с помощью подъемных полиспастов, устанавливаемых и закрепляемых в нижней опорной части крана. Устойчивость механизма в процессе выдвижения на новый монтажный горизонт обеспечивают специальной обоймой, устанавливаемой в верхней части смонтированных конструкций сооружения. Грузоподъемность крана — до 4,5 т, монтаж конструкций сооружения выполняют поэлементно.

Монтаж вытяжных башен осуществляют с помощью оголовка *самоподъемного (ползучего) крана*, устанавливаемого на верхних секциях металлического газоотводящего ствола. Монтаж призматической части башни осуществляют также поэлементно, возможно частичное укрупнение в плоскостные блоки в пределах грузоподъемности крана (5...12 т).

При использовании *ползучих порталных подъемников* монтаж осуществляют пространственными секциями массой до 40 т. Портальный подъемник устанавливают на специально разработанные монтажные столики, которые закрепляют к уже смонтированным конструкциям башни. Наклон portalного подъемника изменяют с помощью подъемного (переднего) и тормозного (заднего) полиспастов, подъем и установку монтируемого блока осуществляют грузовым полиспастом, перестановку на очередную стоянку — с помощью подъемной балки и полиспастов перестановки, закрепленных вдоль стоек подъемника.

Крупноблочный монтаж самоподъемными порталными подъемниками значительно сокращает объем верхолазных работ. Главным препятствием широкого применения подъемников было расположение якорей переднего и заднего полиспастов и лебедок на значительном расстоянии от оси башни (1,5 высоты монтируемого сооружения).

В условиях стесненной площадки возможен монтаж башен с помощью приставных кранов (см. рис. 16.1, з). Устойчивость крана обеспечивается специальными опорными рамками, которыми кран крепится к смонтированной части башни. Ствол крана выдвигают вверх по мере монтажа башни с помощью полиспастов, расположенных в опорном устройстве крана. При подъеме полиспастами он скользит вверх по направляющим, находящимся в верхней части опорного устройства и на опорных рамках.

Варианты монтажа собранными на земле блоками (секциями):

- самоходными гусеничными, пневмоколесными и мобильными кранами на специальных шасси;
- башенными кранами достаточной высоты;
- приставными башенными кранами высотой 120...150 м в два этапа: до отметки 65 м кран работает, находясь свободно на своем основании, а далее ствол крана наращивают в верхней части дополнительными звеньями и для повышения устойчивости дополнительно соединяют монтажными диафрагмами со смонтированной частью башни.

Во всех этих случаях монтаж сооружения ведут секциями, а их укрупнение осуществляют на специальной площадке в зоне действия монтажного крана.

Монтаж башен приставным краном обеспечивает высокую скорость монтажных работ благодаря крупноблочному монтажу конструкций башни, недостатком данной схемы производства работ является их значительная трудоемкость по установке, перемещениям и демонтажу крана.

Для монтажа крупноблочных конструкций башни, установки и замены технологического оборудования, верхних частей башни используют вертолеты. Широкое использование вертолетов для монтажных работ ограничивается их недостаточной грузоподъемностью и высокой стоимостью эксплуатации.

## Поворот башен вокруг шарнира

Монтаж высотных сооружений *методом поворота* явился результатом стремления к выполнению основного объема монтажных работ на низких отметках и в безопасных условиях.

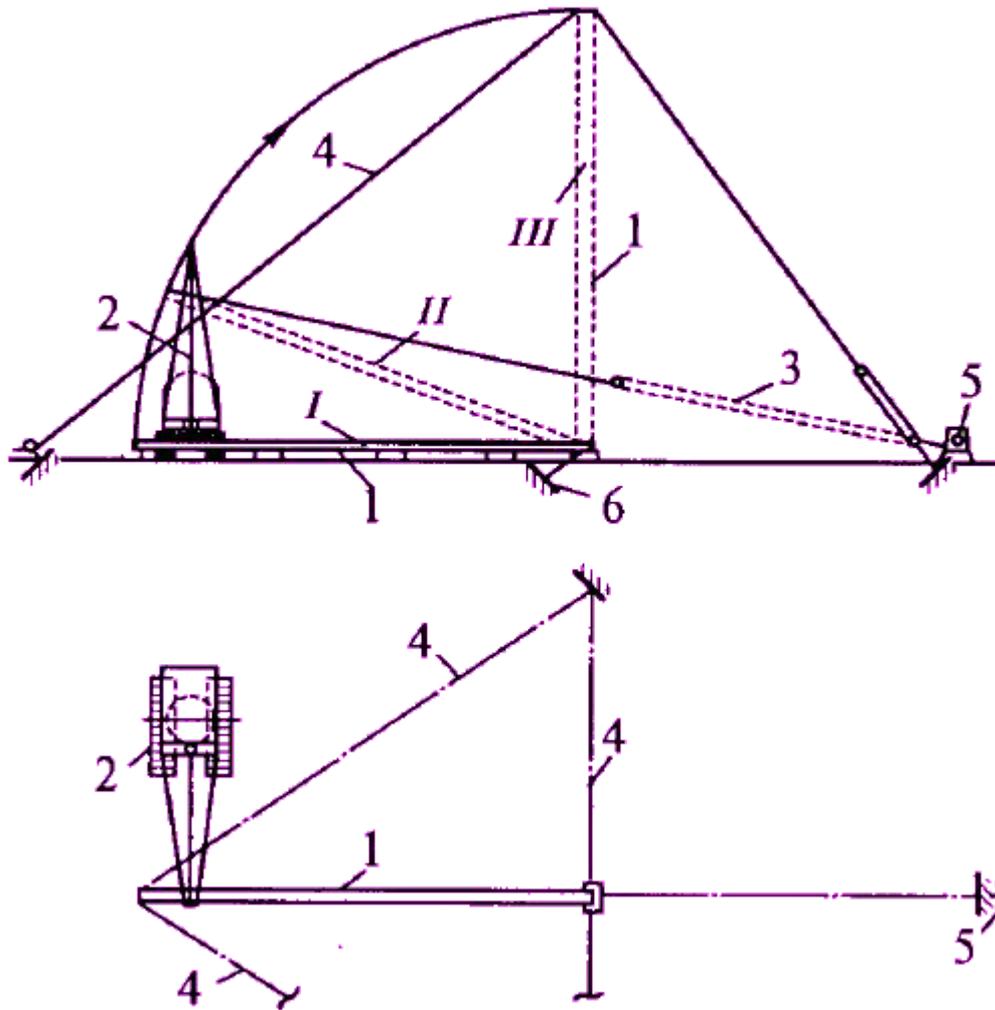
Метод наиболее часто применяют для башен высотой 40...80 м, реже — при высоте до 100 м. Сборку осуществляют на земле в горизонтальном положении с использованием автокрана. Пояс нижнего яруса башни закрепляют в шарнирах, которые устанавливают на фундаментах этой башни. Подъем в вертикальное положение осуществляют вокруг шарнира с помощью лебедок тяговых полиспастов и падающей стрелы, которую могут заменить шевры, неподвижные и наклоняющиеся мачты, краны и другие монтажные механизмы. Достоинства метода — сборка конструкций башни на земле не требует высококвалифицированных верхолазов, сборка такелажа и подъемного оборудования также выполняется на земле и доступна для контроля.

Башню не только полностью собирают на земле и окрашивают, но и монтируют большую часть радиотехнического оборудования, кабелей и проводки. При монтаже башни методом поворота учитывают наличие двух этапов. Первый — от начала поворота до положения неустойчивого равновесия, когда центр тяжести башни проходит через поворотный шарнир, после чего наступает второй этап, когда включаются в работу тормозные оттяжки и полиспасты, обеспечивающие плавное опускание опорных башмаков на фундаменты.

Существует несколько разновидностей метода, которые в большей степени зависят от применяемого монтажного оборудования:

- *чистый метод поворота*, когда одну часть башни собирают на собственном фундаменте, а другую монтируют на земле и с помощью такелажного оборудования поворачивают и соединяют с уже смонтированной частью;

- *подъем с дотягиванием полиспастом* применим в тех случаях, когда грузоподъемность и вылет стрелы крана не позволяют поднять и установить башню в проектное положение. С помощью самоходного крана конструкцию, закрепленную на фундаменте, поднимают до промежуточного положения. Далее включают в работу тяговые полиспасты — это один из самых простых и удобных способов, требующий наличия самоходного крана и минимального такелажного оборудования. Он нашел самое широкое распространение при возведении опор ЛЭП, телебашен небольшой высоты, опор радиорелейной связи, наблюдательных вышек;
- *монтаж поворотом с помощью падающей стрелы* также осуществляется с использованием специальной стойки, закрепленной на фундаменте или закрепляемой на земле, которая помогает осуществить поворот башни вокруг шарнира. Метод применяется относительно редко, для него требуется значительная территория для укрупнения башни, опускания стрелы, крепежа боковых расчалок и тормозного устройства. Громоздок и узел опирания падающей стрелы. Иногда применяется монтаж башен падающими шеврами, преимущественно при отсутствии боковых расчалок и якорей. Недостаток — значительная масса шевра, сложность его транспортирования на другой объект.



**Схема подъема мачты поворотом с помощью монтажного крана:**

I—III — положения мачты при подъеме;

1 — мачта; 2 — гусеничный кран; 3 — полиспаст; 4 — расчалка;

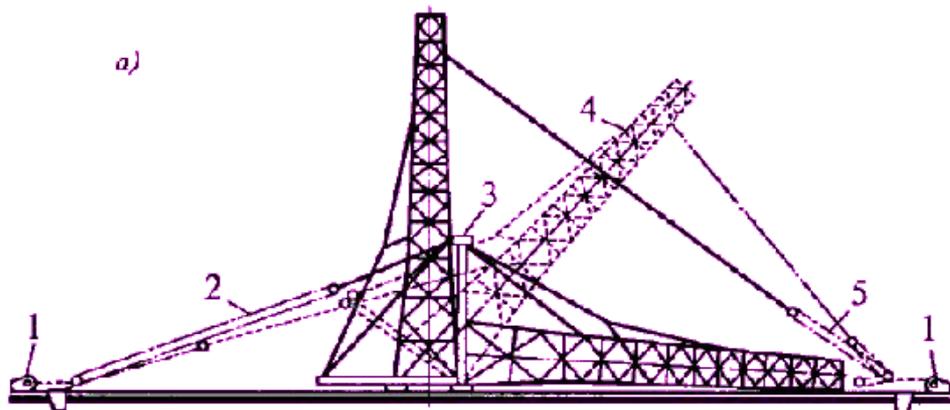
5 — лебедка; 6 — якорь для крепления пяты мачты

Предварительно полностью собранную на земле в горизонтальном положении башню поднимают в проектное положение с использованием специальной оснастки. Для монтажа методом поворота применяют оборудование, состоящее из тяговых полиспастов и «падающей стрелы», шевра или портала. Поскольку в процессе подъема конструкции возникают значительные сдвигающие горизонтальные усилия, фундаменты, анкерные устройства и закладные детали башни необходимо рассчитывать с учетом этих воздействий. К недостаткам метода относится необходимость большой свободной территории для укрупнения башни, расположения расчалок, подъемных и тормозных тяг.

Совершенствованием метода поворота вокруг шарнира является *безъякорный способ*. Его особенность заключается в том, что силы, действующие в элементах оснастки и в поднимаемой конструкции при монтаже, вызывают реакцию только в опорных шарнирах шевра (портала) и башни. Отсутствие мощных якорей и лебедок большой грузоподъемности упрощает монтаж и уменьшает трудозатраты.

При подъеме башенных сооружений из горизонтального положения в вертикальное *способом выжимания* поворот осуществляют вокруг опорного шарнира с использованием такелажной системы с порталом, нижняя опорная часть которого перемещается вдоль оси поднимаемого сооружения к фундаменту, а верхняя выжимает башню. Этот способ применяют в условиях стесненных площадок, при невозможности использования кранов и необходимости снижения горизонтальных нагрузок на фундаменты.

Все рассмотренные варианты монтажа башен поворотом вокруг шарнира используют только для сооружений высотой до 90... 120 м из-за значительных монтажных усилий, возникающих в момент отрыва конструкции от земли.



*Монтаж башни поворотом  
вокруг шарнира:*

*а — «падающей» стрелой;  
б — безъякорным способом;  
в — способом выжимания;*

*1 — электролебедки;*

*2 — тяговый полиспаст;*

*3 — «падающая» стрела;*

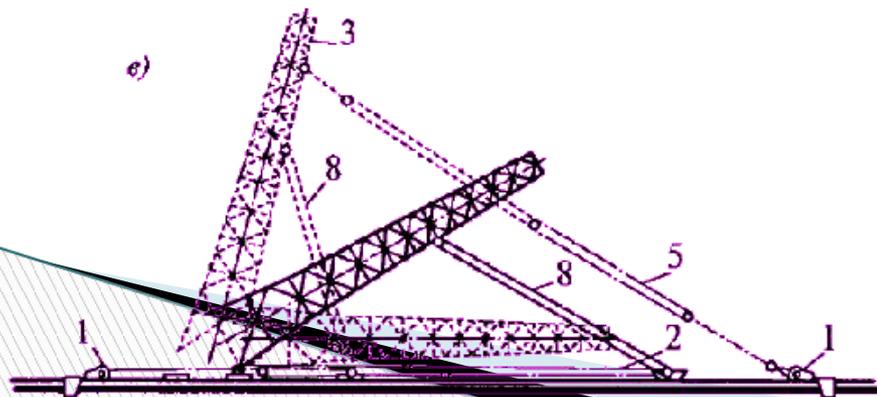
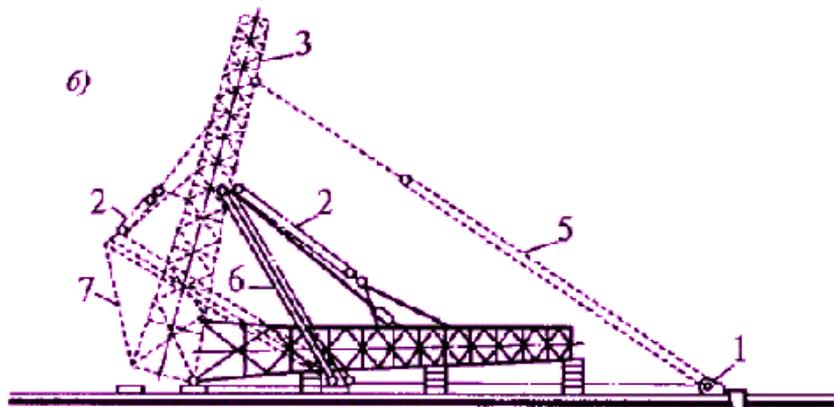
*4 — башня в процессе подъема;*

*5 - тормозной полиспаст;*

*6 - портал;*

*7 - тяги;*

*8 — мачта выжимания*



## Монтаж башен подращиванием

С увеличением высоты башен до 300...400 м появляются проблемы с монтажными механизмами, возрастают трудозатраты на транспортировку конструкций с земли к отметкам их установки, на доставку монтажников к рабочим местам, повышается влияние метеорологических факторов на ход работ.

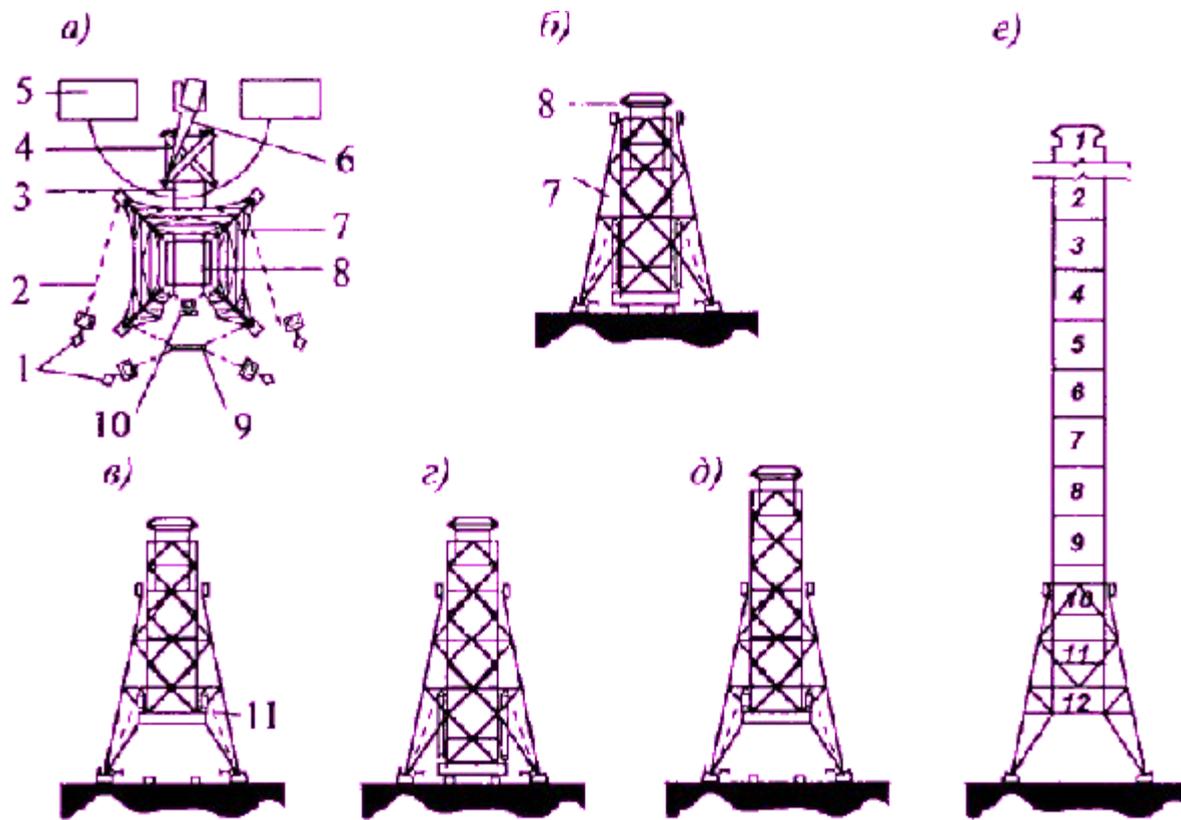
Монтаж *методом подращивания* заключается в том, что на низких отметках уже частично возведенной башни начинают монтаж верхних ярусов, которые циклично выдвигают вверх и по мере их выдвигения снизу подращивают конструкции нижерасположенных ярусов.

При методе подращивания башню разделяют на два блока: нижний и верхний. Нижний блок возводят способом наращивания с помощью башенных или самоходных кранов. Высота нижнего блока определяется возможностями монтажных механизмов и решениями по заземлению верхнего блока при выдвигении.

Нижний блок в результате становится частью монтажной оснастки, воспринимает монтажные воздействия при выдвигании верхнего блока, на нем закрепляют направляющие и другие монтажные приспособления.

Метод подращивания широко распространен в строительстве, так как обеспечивает значительное повышение производительности труда и сокращение продолжительности монтажных работ, особенно в условиях стесненной строительной площадки. Подращиванием называют метод монтажа высотных сооружений, при котором конструкции выше отметки, доступной для установки элементов монтажным краном, собирают внизу, начиная с верхней секции сооружения, и выдвигают вверх на высоту очередной секции. Верхний блок собирают частями внутри нижнего блока, выдвигание блока осуществляют с помощью грузовых полиспастов или гидроподъемников. После подъема очередной секции и соединения ее с ранее собранной частью сооружения на уровне земли собирают и готовят к подъему очередную секцию конструкции.

Последовательность монтажных работ при возведении башен подращиванием приведена на рис.



**Общая схема последовательности возведения башни методом подращивания пространственными блоками:**

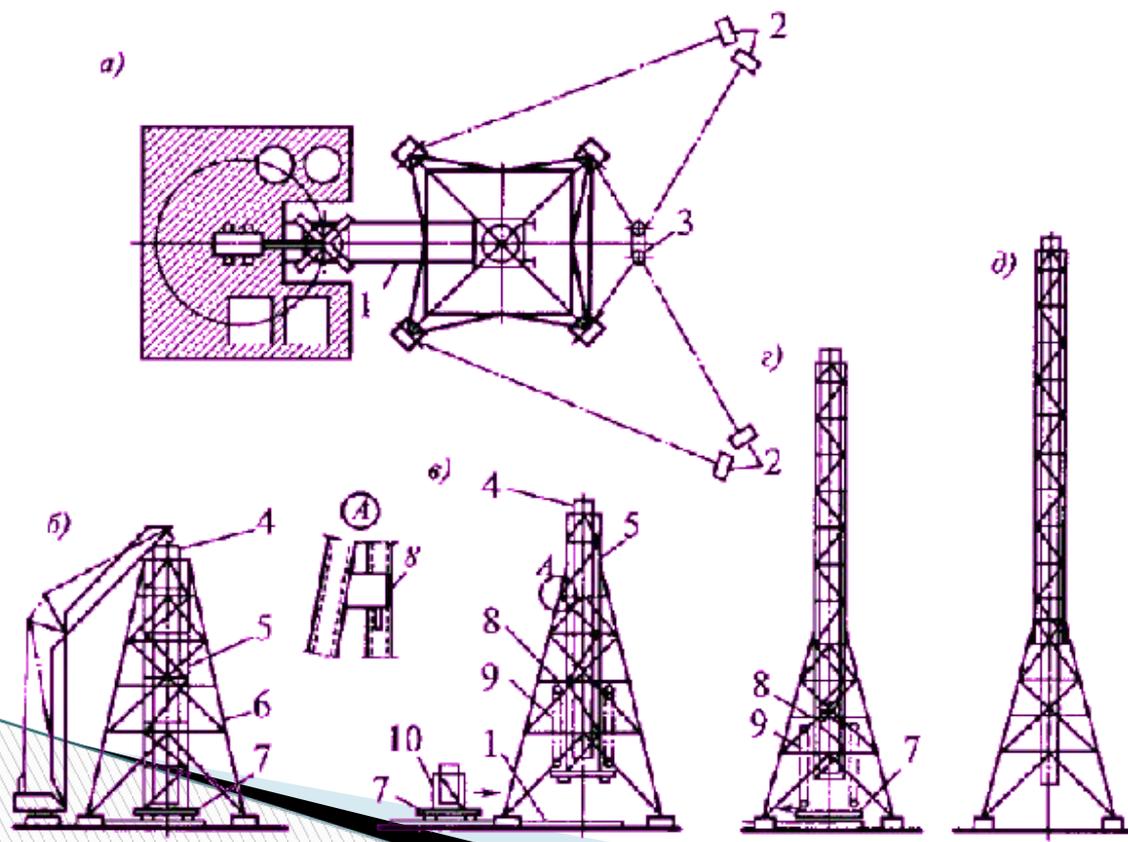
а — план; б — крановый монтаж; в — первая выдвжка блока; г — укрупнительная сборка; д — выдвигание укрупненных блоков с помощью тяговых полиспастов; е — очередность сборки и выдвигания блоков (показано цифрами 1...12);

1 — электролебедка; 2 — канат полиспаста; 3 — рельсовые пути надвигки укрупненного блока; 4 — стенд сборки блоков; 5 — площадка складирования;

6 — кран; 7 — нижняя опорная часть башни; 8 — верхняя часть башни с зонтом;

9 — узел попарной блокировки полиспастов; 10 — электролебедка для перемещения стенда; 11 — тяговый полиспаст

После монтажа нижней, пирамидальной части сооружения, на рельсовых путях, в непосредственной близости от возводимой башни собирают стенд, на котором осуществляют укрупнительную сборку блоков верхней, призматической части башни. Собранные на стенде блоки подают под основание башни с помощью полиспаста и электролебедки.



*Последовательность сборки и выдвижения блоков башни при подрачивании:*

- а — план;*
- б — первоначальный этап;*
- в — первая выдвижка;*
- г — промежуточное положение;*
- д — проектное положение;*
- 1 — рельсовые пути;*
- 2 — электролебедки;*
- 3 — уравнительное звено;*
- 4 — ствол башни;*
- 5 — призматическая часть;*
- 6 — пирамидальная часть башни;*

Далее блок поднимают с помощью домкратов для совмещения с нижней частью ранее выдвинутых конструкций башни. После выверки и сварки монтажных стыков всю призматическую часть башни выдвигают по направляющим вверх на высоту нижнего блока (высота блоков 10... 12 м). Последующие операции повторяют в аналогичном порядке, пока не будет полностью смонтирована и поднята на проектные отметки призматическая часть башни. Конструктивные схемы подрачивания башен различных форм приведены на рис.

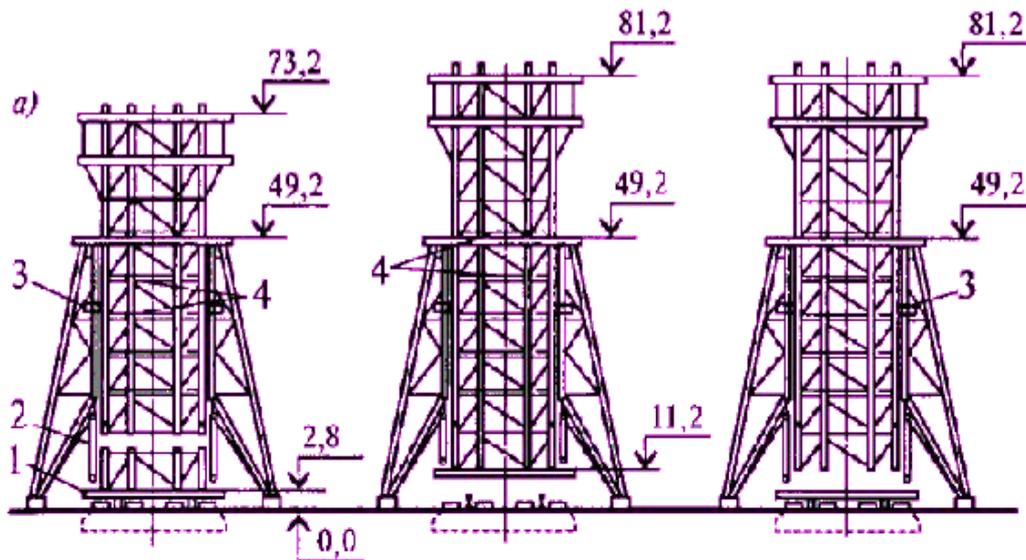
Способ имеет принципиальные отличия и преимущества:

- самые сложные и трудоемкие процессы сборки конструкций можно выполнять на низких отметках;
- постоянство рабочих мест дает возможность хорошо их оснастить, оборудовать и укрыть от непогоды;
- зависимость от метеорологических условий из-за отсутствия работ на значительных высотах минимальна;
- высокая степень безопасности работ;
- качественный пооперационный контроль.

Для *подращивания* оптимальна форма сооружения, когда нижняя часть башни – мощная неподвижная пирамидальная конструкция, способная служить направляющей для выдвижения сквозь нее подращиваемой, призматической конструкции ствола.

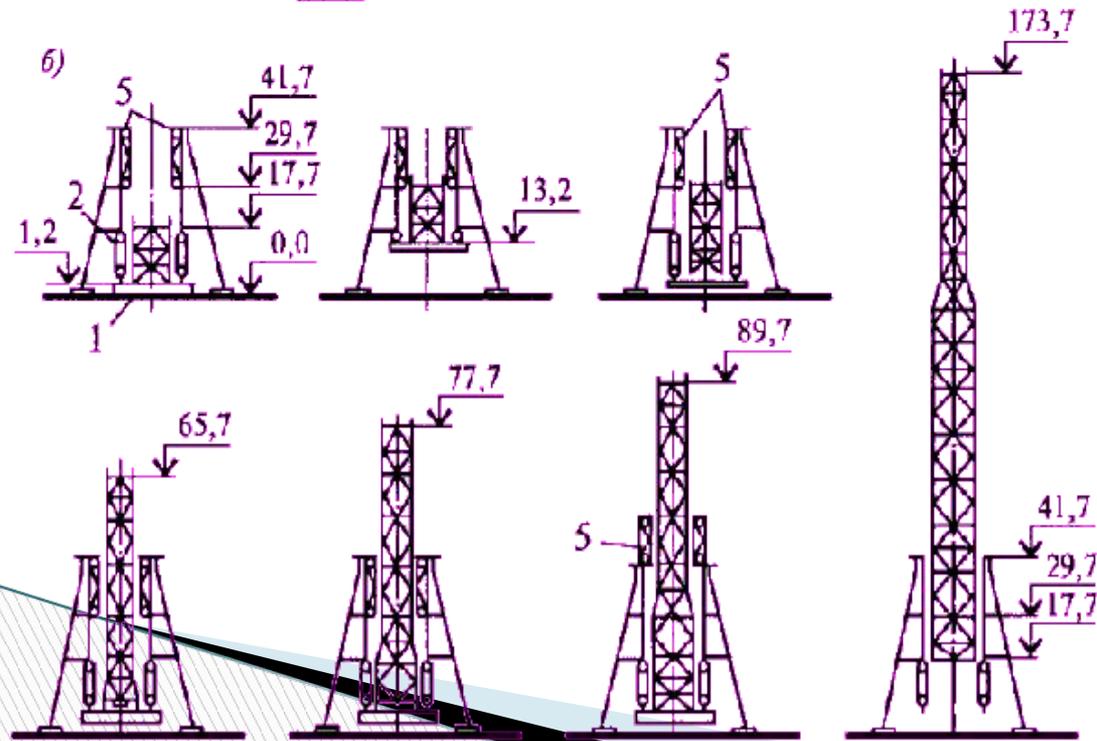
*Комбинированный способ* – когда для отдельных частей башни используют разные методы монтажа (наращивание нижней части башни, установка на верхних отметках поворотного шарнира и поворот с установкой в проектное положение).

Монтаж телебашен высотой до 400 м разнообразных конструктивных решений осуществляют комбинированным методом. При возведении нижних опорных частей из сборного или монолитного ж/б используют приставные или башенные краны, реже применяют подъем в проектное положение нижней опорной части, выполненной в металлоконструкциях, с помощью полиспастной оснастки большой грузоподъемности. При монтаже верхних частей башни (в которых размещаются лифтовые шахты и антенные устройства) используют самоподъемные краны или один из вариантов *стволового подращивания*.

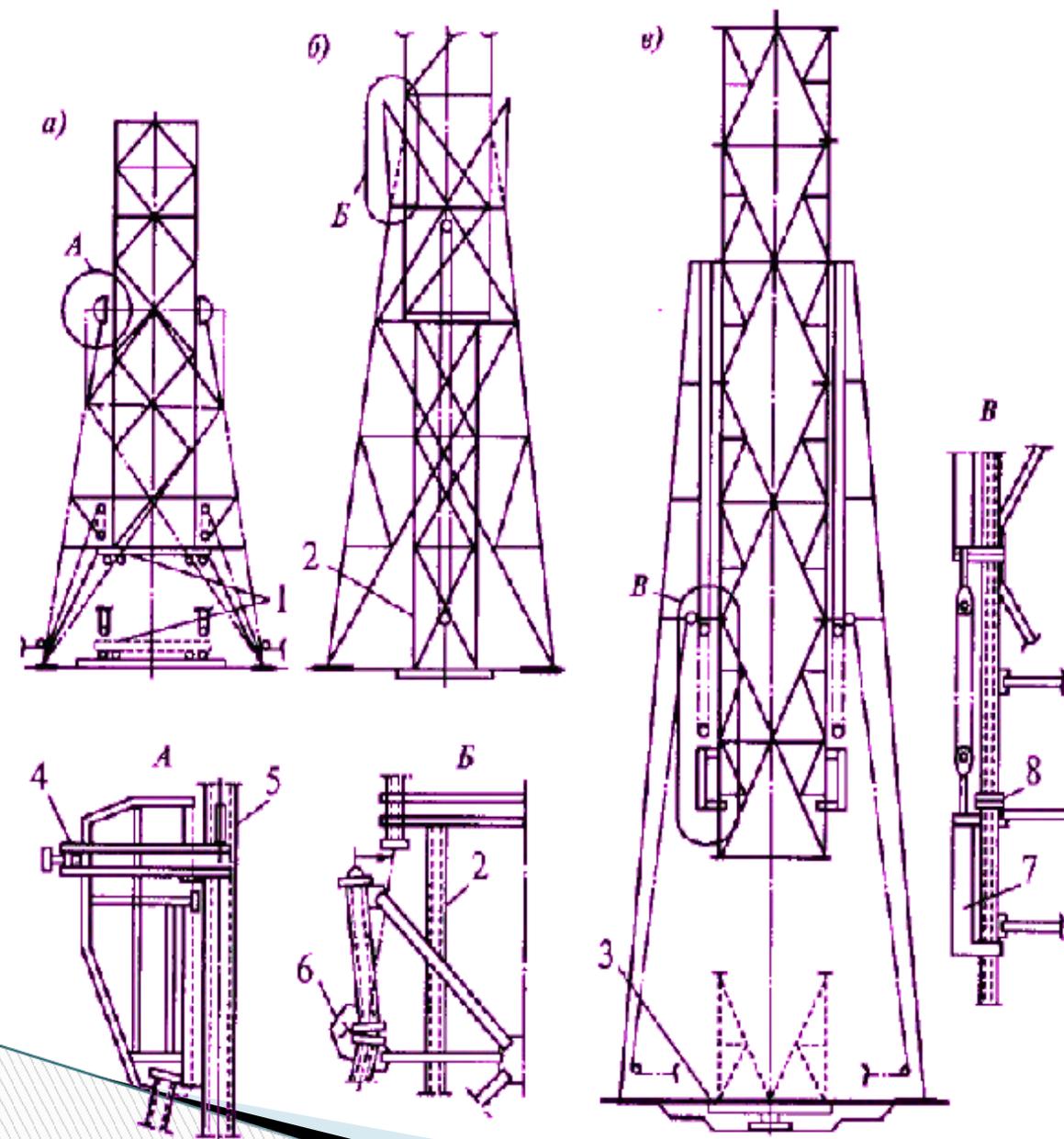


*Монтаж башен  
подрачиванием:*

*а — монтаж типового блока  
многогранной башни;  
б — последовательность  
монтажа выдвигаемой части с  
переломом сечения;*



*1 — стенод-кондуктор;  
2 — тяговый полиспаст;  
3 — опорное устройство  
(столлик);  
4 — стабилизирующая  
система;  
5 — съемная ферма-вставка*



*Схемы выдвижения верхних частей башен при подрацивании:*

*а — с опирай нем выдвигаемой части на опорные устройства;*

*б — с инвентарным хвостовиком и разворотом поясов;*

*в — с вертикальными захватами;*

*1 — стэнд подъемно-тяговой системы;*

*2 — выдвижная опорная балка;*

*3 — опорный столик;*

*4 — хвостовик;*

*5 — шарнир;*

*6 — крестовина;*

*7 — вертикальный захват;*

*8 — фланцевое соединение*

## 9.4.2. Технология монтажа легкого стенового ограждения (из панелей типа «Сэндвич»).

**Стеновые панели** – в отдельном монтажном потоке после монтажа каркаса и покрытия всего здания или части его. Панели наружных стен приняты длиной 6 и 12 м при высоте 1,2 и 1,8 м.

**Монтаж стеновых ограждений** – самоходными стреловыми кранами на гусеничном или пневмоколесном ходу с прямыми стрелами, со стрелами с гуськом или со специализированным башенно-стреловым оборудованием.

**Выгрузка с транспортных средств и установки панелей стен в кассеты** – самостоятельный кран, чаще автомобильный.

**Панели стен монтируют участками** между колоннами на всю высоту здания.

**Ширина зоны монтажа** – зависит от технологии выполнения монтажных работ, от места расположения кассет с панелями и других факторов.

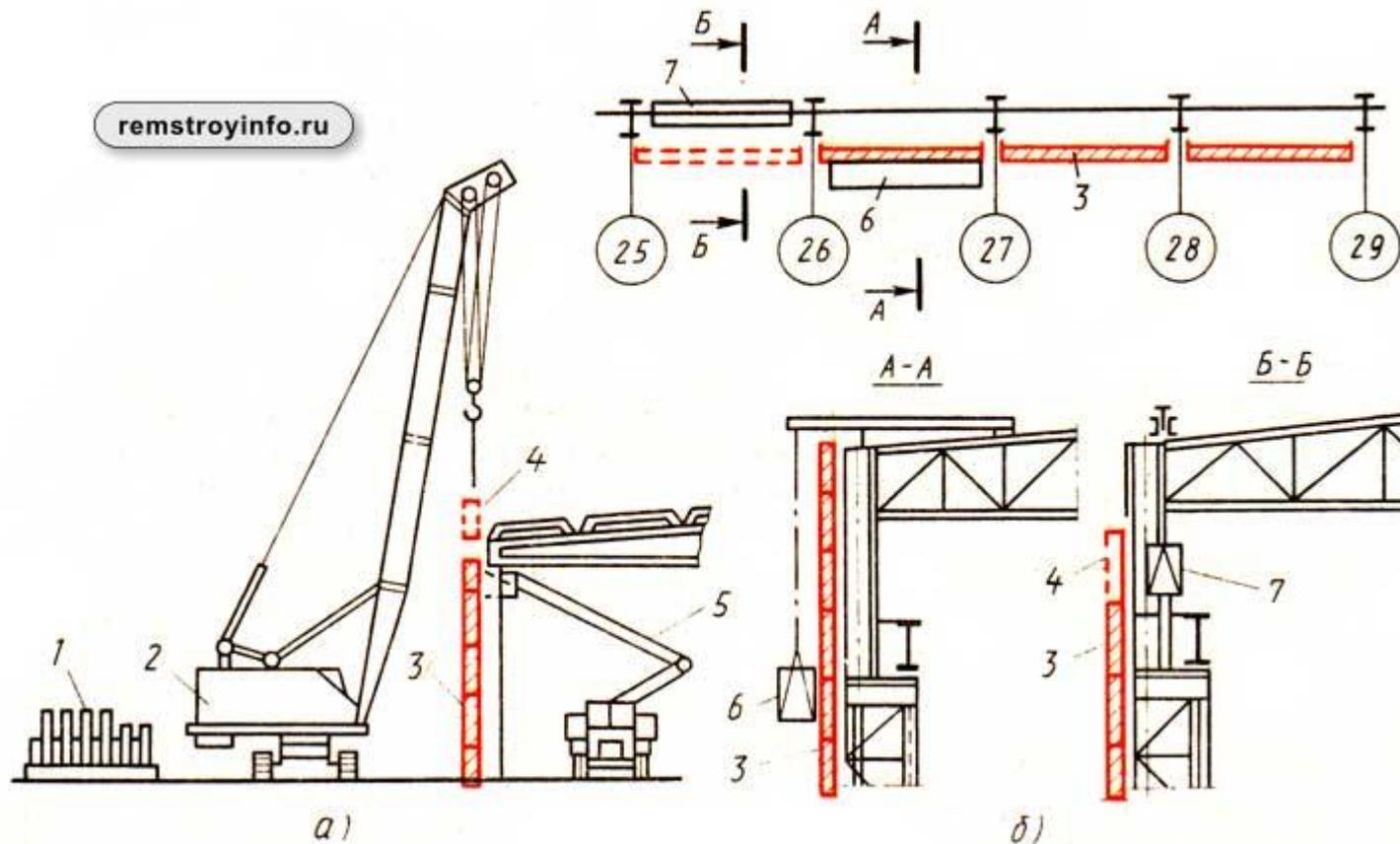
**Наименьшая ширина зоны монтажа** – в случае, когда кассета со стеновыми панелями расположена между краном и монтируемой стеной; при этом в кассете должно быть достаточно панелей для устройства стены на всю высоту.

Монтажники выверяют и крепят устанавливаемые панели с внутренней стороны здания. При возможности проезда внутри здания целесообразно использовать два подъемника на базе автомобилей. При отсутствии подъемников – подмости и люльки. В случае невозможности проезда внутри здания – самоподъемные люльки.

## **При геодезической проверке точности выполнения работ контролируется:**

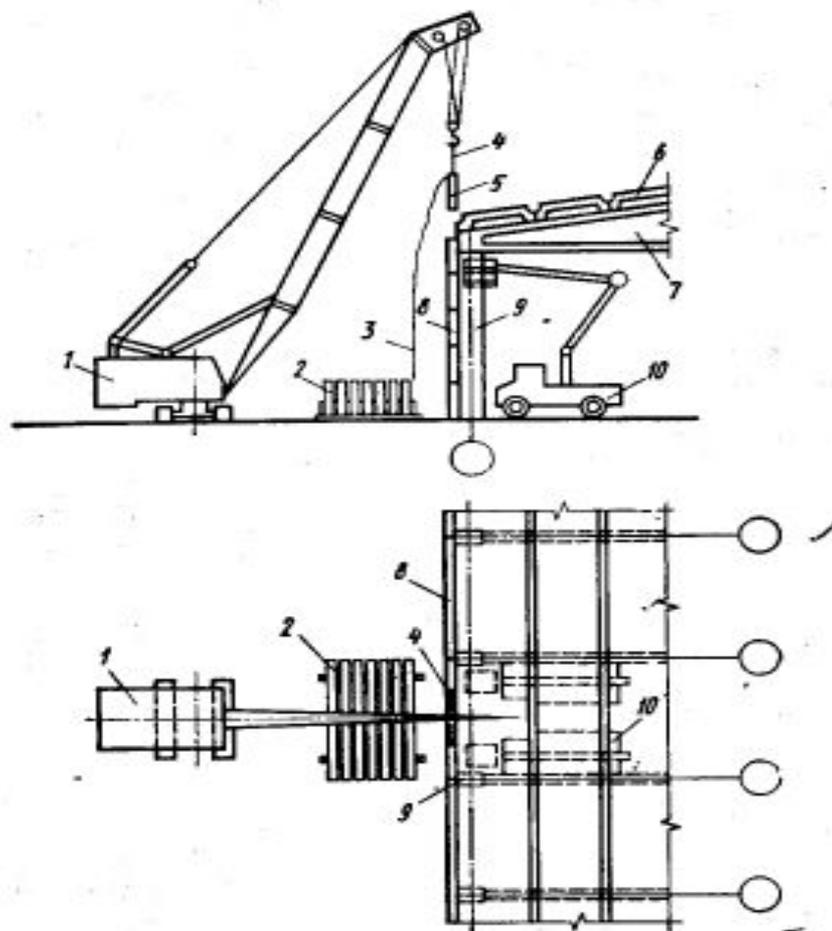
- ▣ *для панелей первого ряда* - совмещение нижней грани панели с рисками разбивочных осей; совмещение граней устанавливаемых рядом или одна над другой панелей;
- ▣ вертикальность граней устанавливаемого ряда стеновых панелей.

Для расшивки горизонтальных швов или нанесения герметизирующих мастик снаружи, заделки вертикальных швов между панелями используют подмости или подъемные люльки, которые располагают с наружной стороны пролета после передвижки монтажного крана на следующую стоянку.



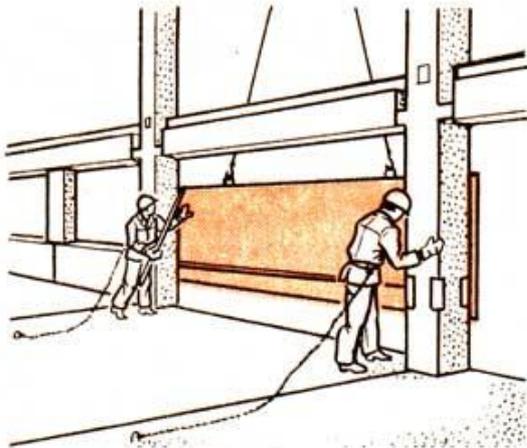
### **Схема монтажа стеновых панелей**

с применением: а - гидropодъемника на автомобильном шасси, б - подвесных люлек;  
1 - кассеты со стеновыми панелями, 2 - монтажный кран, 3 - смонтированные панели,  
4 - устанавливаемая панель, 5 - гидropодъемные подмости, 6, 7 - люльки

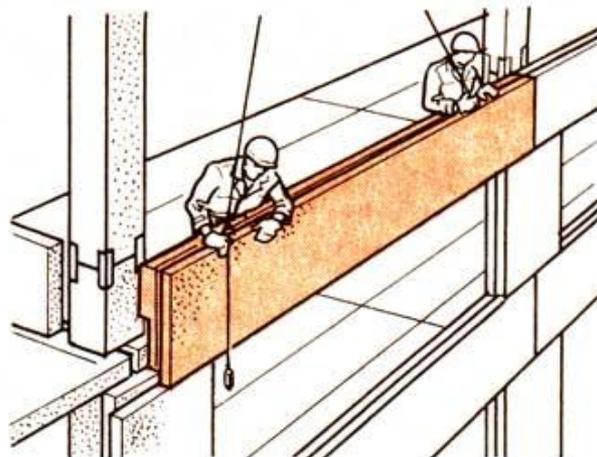


**Рис. 3.21.** Схема монтажа стеновых ограждающих панелей, кран расположен между кассетой и стеной:

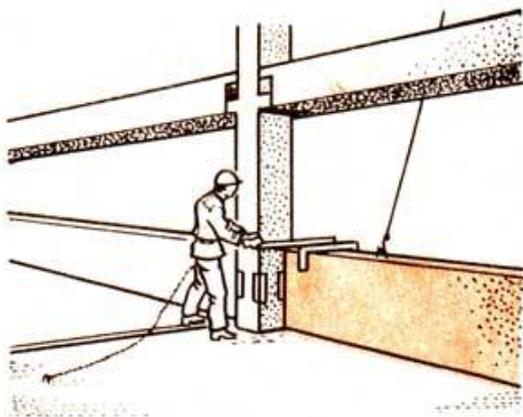
1 — кассета для складирования панелей стен;  
 2 — монтажный кран; 3 — оттяжка из пенькового каната; 4 — двухветвевой строп; 5 — панель стены; 6 — смонтированное покрытие; 7 — стропильная ферма; 8 — монтажный гидродъемник на автомобиле; 9 — колонна; 10 — стеновое ограждение



а)

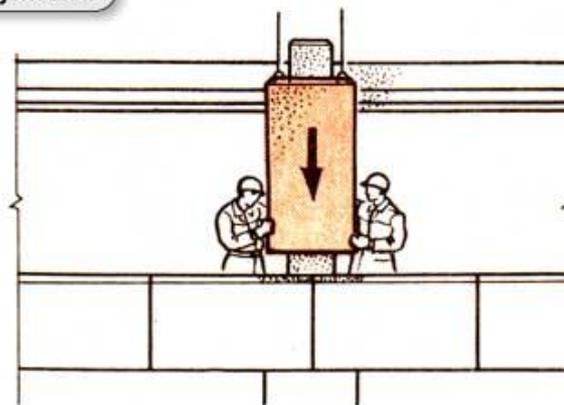


б)



в)

remstroyinfo.ru



г)

## **Монтаж наружных панелей в каркасных зданиях**

а - наводка, б - проверка положения панели по рискам и отвесу,  
в - временное крепление, г - установка простеночной панели

### 9.4.3. Технология выполнения сварных и болтовых соединений элементов металлических конструкций.

**Монтажные соединения стальных конструкций** – сварные, на болтах и на заклепках (особо ответственные). Возможно соединение стальных конструкций с ж/б сваркой соединительных элементов и закладных деталей или на болтах.

**Электросварка стыков** – самый распространенный вид монтажных соединений большинства стальных конструкций (ручная и автоматическая. Полуавтоматическая – при сварке швов в нижнем положении, пользуются при укрупнительной сборке листовых конструкций).

**Ручная электродуговая сварка** – швы в любом пространственном положении: *нижнем, вертикальном, горизонтальном* на вертикальной поверхности и потолочном.

**Электродуговая сварка** — на переменном и постоянном токе. Постоянный ток дает стабильную дугу и лучшее качество шва, но требует более сложного и дорогого оборудования (используют для сварки ответственных конструкций).

Возникающие в металле при сварке **остаточные напряжения** снижают: рациональной технологией, устраивая при сборке зазоры, режимом сварки и последовательностью наложения швов.

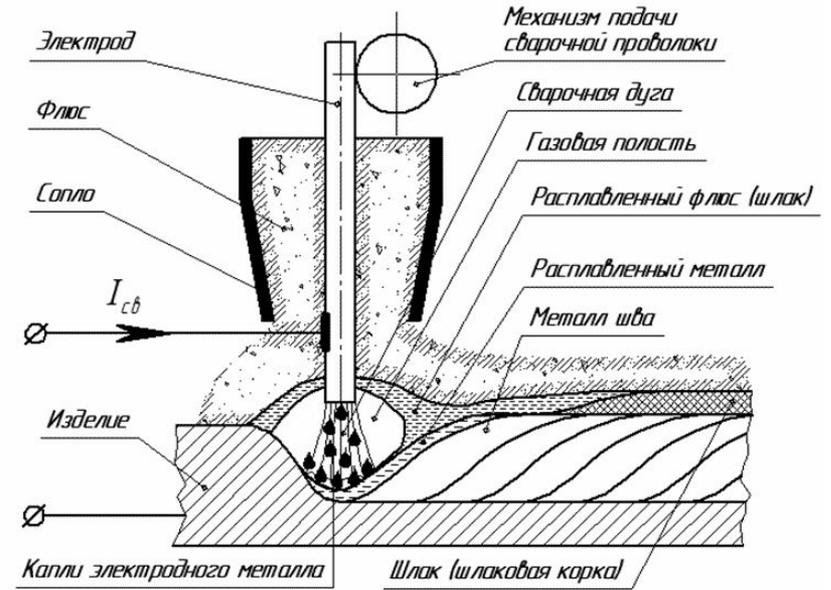
**Сварка** любых типов стыковых соединений может быть односторонняя или двусторонняя.

Швы большой протяженности вручную сваривают участками длиной 300—400 мм. Направление сварки каждого участка противоположно направлению сварки всего шва. Этот метод, называемый обратнo-ступенчатым, обеспечивает минимальные остаточные напряжения.

**Автоматическая сварка** под слоем флюса применяется только для швов, расположенных горизонтально, так как в наклонном и вертикальном положении флюс удержать трудно.

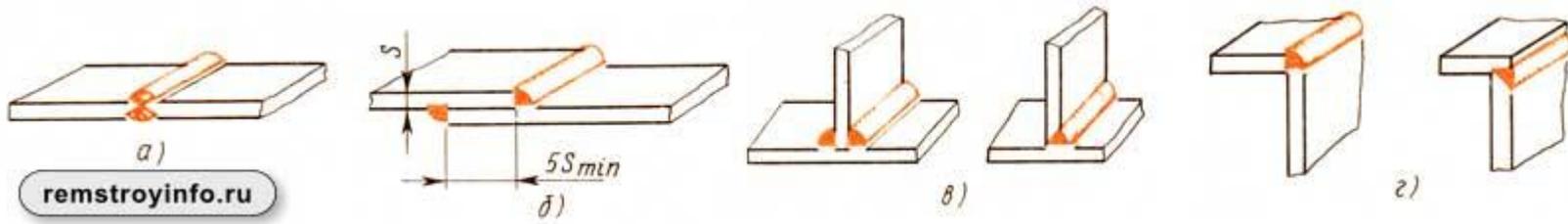


**Ручная электродуговая сварка**

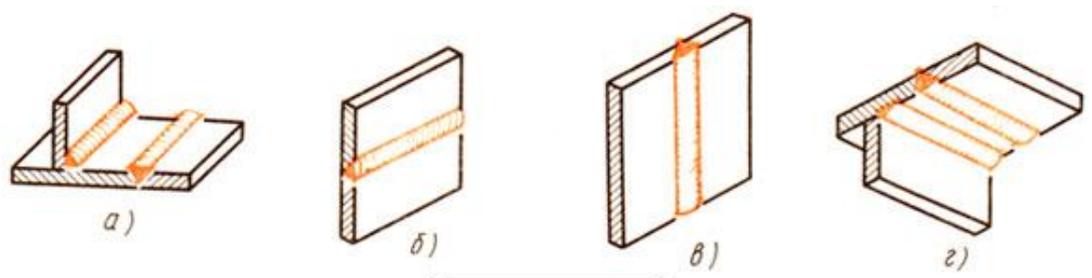


**Автоматическая сварка под флюсом**



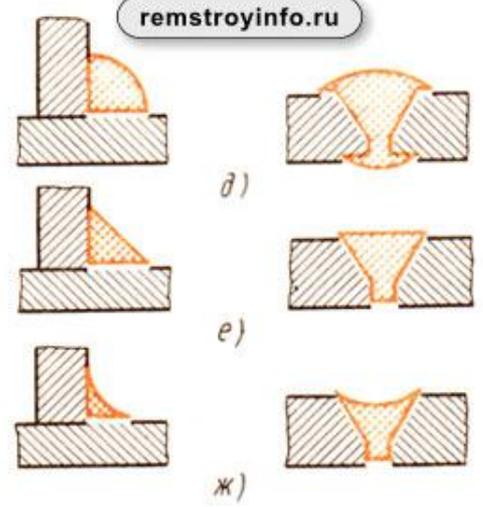


**Виды сварных соединений стальных конструкций**  
 а - стыковое, б - нахлесточное, в - тавровое, г - угловое



**Виды сварных швов по положению их в пространстве (а ... г) и по форме (д ... ж)**

- а - нижние, б - горизонтальный,
- в - вертикальный, г - потолочные,
- д - выпуклые или усиленные,
- е - нормальные,
- ж - вогнутые или ослабленные



**Швы** металлических конструкций толщиной 16 мм и более в наклонном и вертикальном положении соединяют *электрошлаковой автоматической сваркой*. Так как электрошлаковая сварка — процесс непрерывный, то ее применяют в основном для сварки стыков листовых конструкций.

**Сварные соединения** – при жестком соединении несущих конструкций и при необходимости создавать плотное, водогазонепроницаемое соединение элементов.

**Жесткие соединения** – стыки колонн между собой, колонн и подкрановых балок, колонн и стропильных ферм.

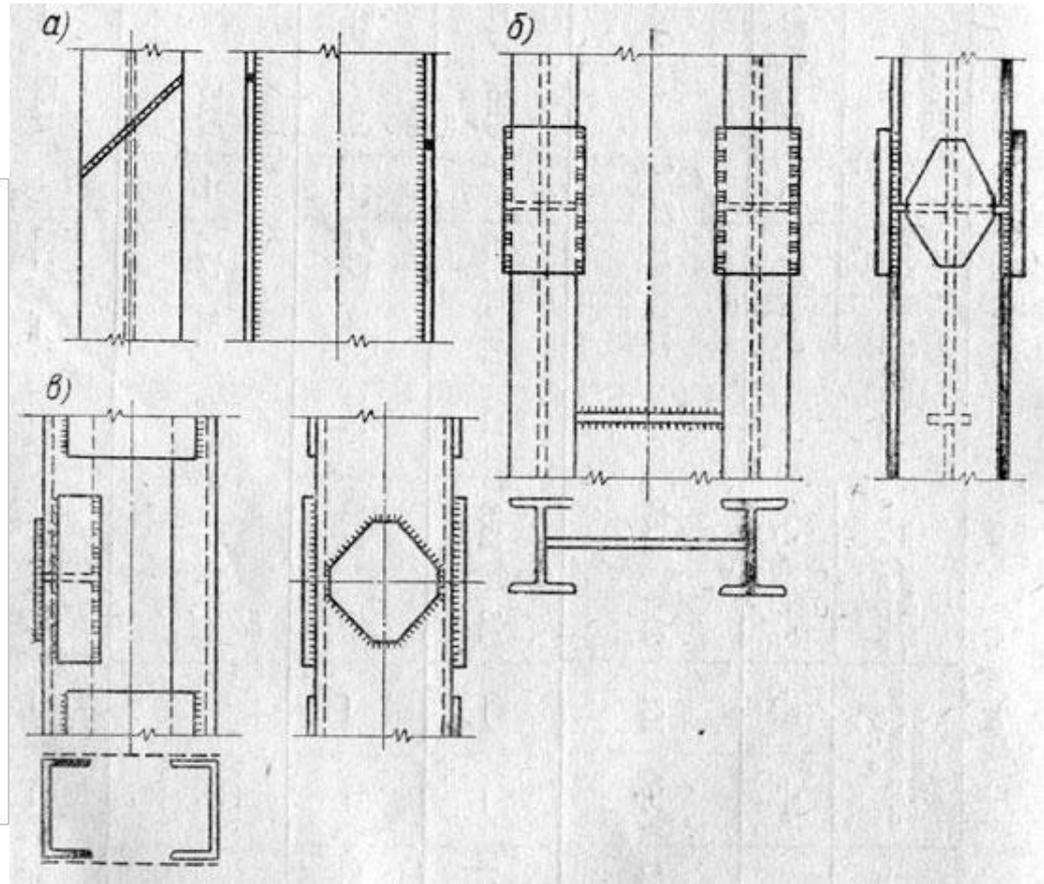
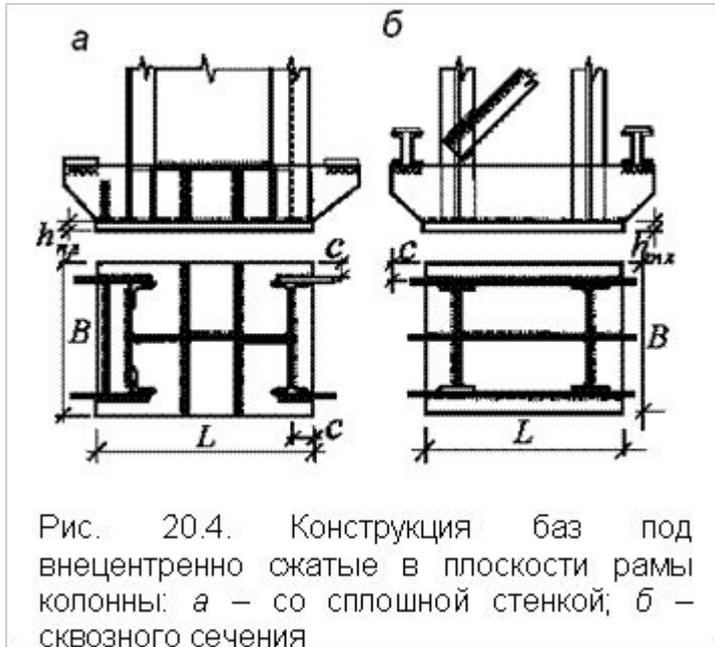
**Подготовка стыков к сварке** – их зачистка, проверка точности обработки кромок стыкуемых элементов и зазоров.

Стыкуемые кромки зачищают на участке, превышающем ширину шва на 20-30 мм в каждую сторону по всей его длине.

В зависимости от вида соединяемых конструкций элементы могут свариваться непосредственно или при помощи дополнительных стыковых накладок.

**Стыки колонн.** Колонны высотой 18 м и более перед транспортированием членят на отправочные элементы, исходя из габаритов транспортных средств. При монтаже эти части колонн соединяют вместе, сварка может выполняться непосредственно или при помощи стальных накладок, которые устанавливают на болтах и приваривают к соединяемым элементам. Стыки колонн одноэтажных промышленных зданий делают обычно в надкрановой части выше подкрановых балок. Фрезерованные торцы надкрановой и основной частей колонны стыкуют между собой и сваривают по плоскости стыка. Для большей жесткости обе части соединяют между собой стыковой листовой накладкой.

**Соединение подкрановых балок с колоннами.** Подкрановая балка опирается ребром вертикального листа непосредственно на опорную плиту колонны и соединяется с ней на болтах. Дополнительно подкрановую балку прикрепляют к надкрановой части колонны тормозными конструкциями, которые присоединяют к колоннам и балкам на болтах и дополнительно проваривают протяженным швом.

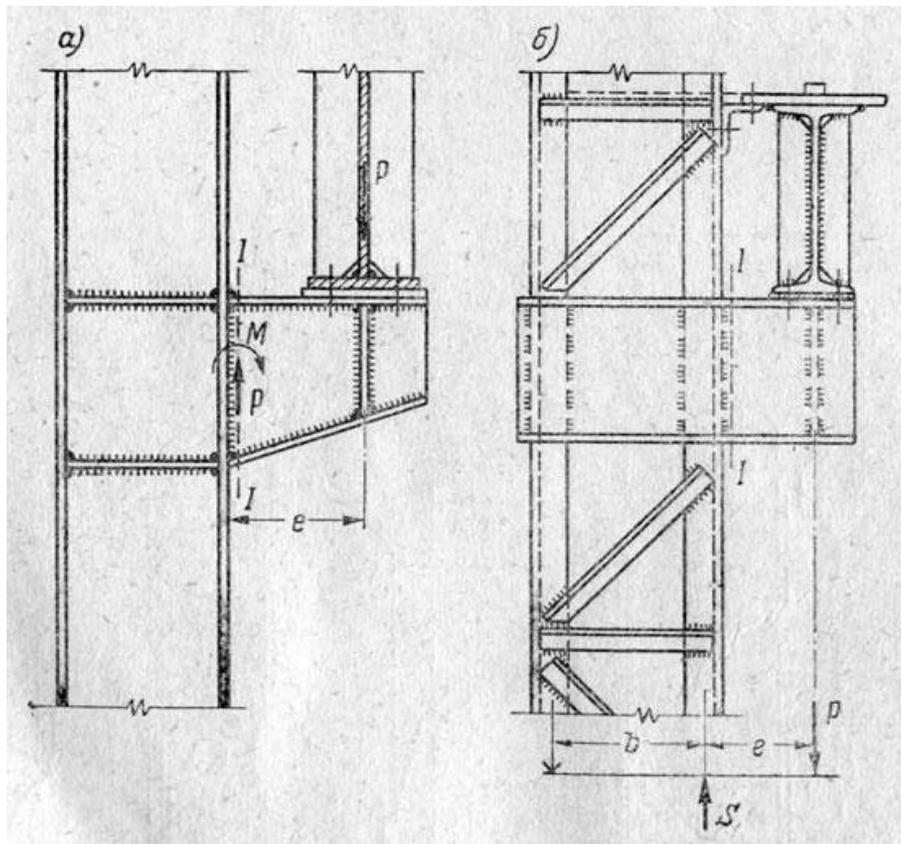


**Заводские сварные стыки:**

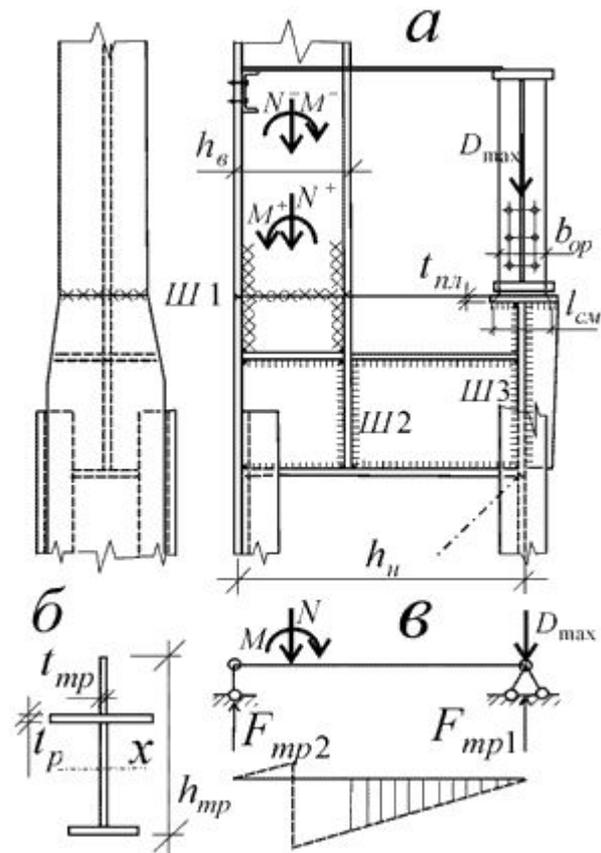
*а* — поясов сварного двутавра;

*б* — двутавровых ветвей сплошной колонны;

*в* — ветви сквозной колонны на планках



**Опираие подкрановых балок на консоль**



**Сопряжение верхней и нижней частей колонны:**

- a* – конструктивное решение узла;
- б* – сечение траверсы;
- в* – расчетная схема траверсы

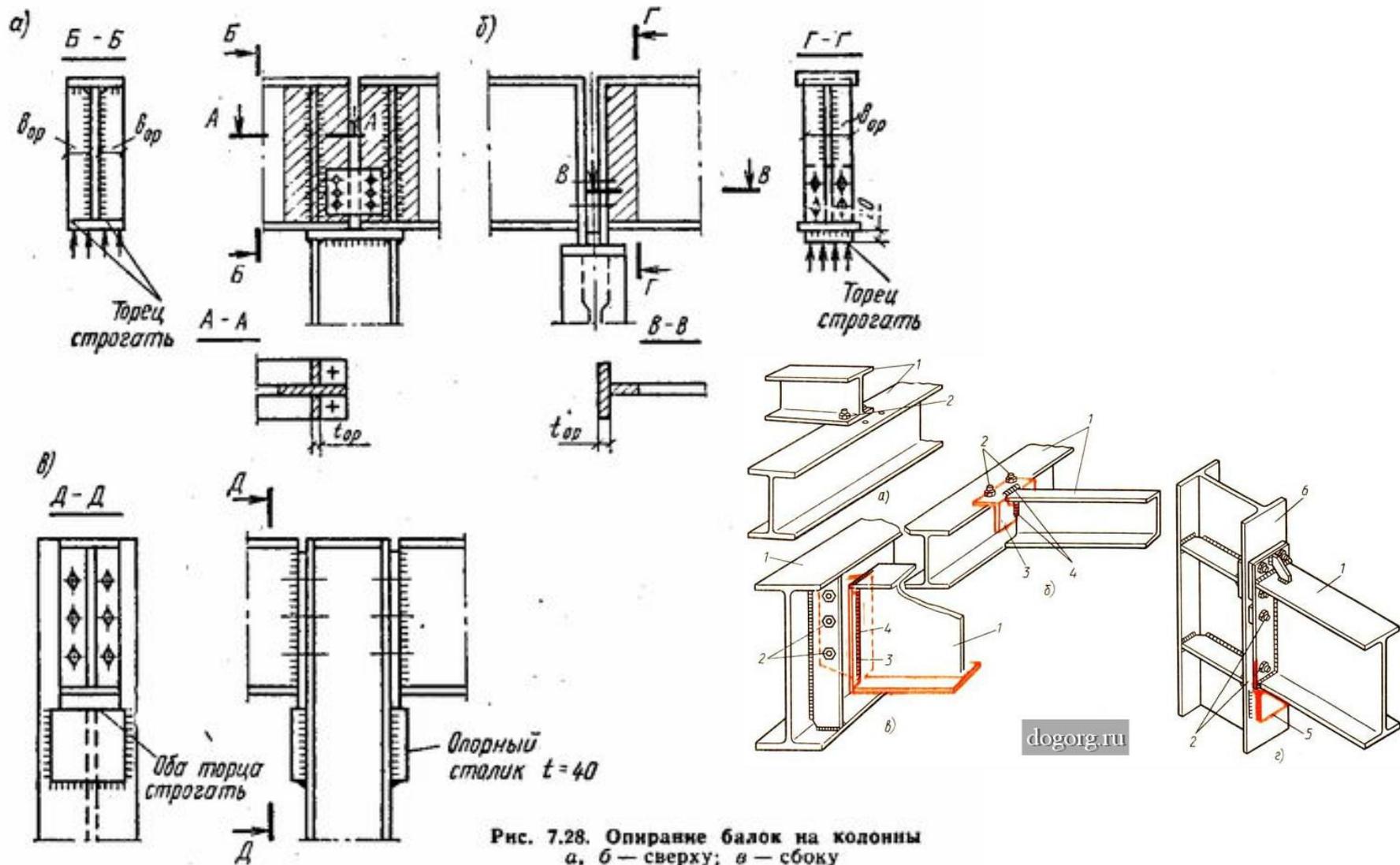
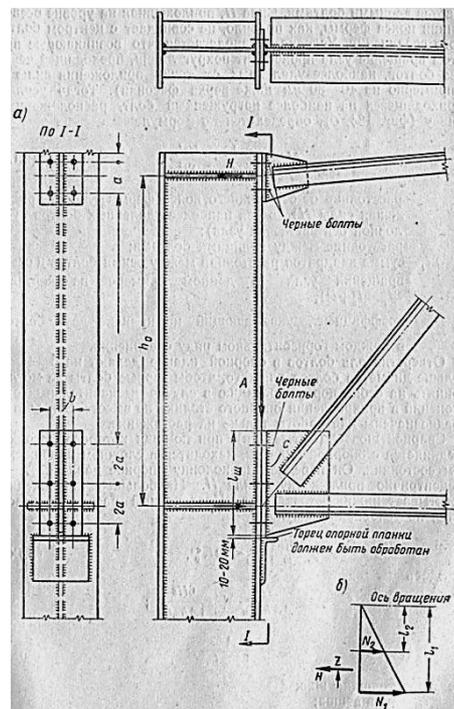


Рис. 7.28. Опиравие балок на колонны  
 а, б — сверху; в — сбоку

**Соединение ферм с колоннами.** При шарнирном опирании фермы на колонну верхний пояс фермы прикрепляют к колонне, соединяя фасонку болтами и монтажным сварным швом к пластинам, приваренным к колонне. В жестком соединении фермы с оголовком колонны в узле сопряжения дополнительно ставят стыковую накладку, которая соединяется с опорной плитой оголовка колонны и поясом фермы болтами и на сварке. Нижний пояс фермы фасонкой опирают на монтажный столик и прикрепляют к колонне болтами и сваркой.



**Жесткое соединение фермы с колонной**

## **Контроль качества сварных соединений.**

Сварные швы проверяют внешним осмотром, выявляя неровности по высоте и ширине, непровар, подрезы, трещины, крупные поры.

По внешнему виду сварные швы должны иметь гладкую или мелкочешуйчатую поверхность, наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва. Допускаемые отклонения в размерах сечений сварных швов и дефекты сварки не должны превышать значений, указанных в соответствующих стандартах.

Для контроля механических свойств наплавленного металла и прочности сварных соединений сваривают пробные соединения, из которых вырезают образцы для испытаний. Испытания проводят на предел прочности, твердость, относительное удлинение и т. д. Для проверки качества сварки применяют просвечивание на пленку рентгеновским и У-излучением, нашли применение ультразвуковые дефектоскопы.

**Дефекты в сварных швах устраняют:** перерывы швов и кратеры заваривают; швы с трещинами, непроварами и другими дефектами удаляют и заваривают вновь; подрезы основного металла зачищают и заваривают, обеспечивая плавный переход от наплавленного металла к основному.

Сведения о сварке записывают в журнал: указывают дату выполнения сварки, расположение узла, характеристику шва, марку электрода, фамилию сварщика, данные о погоде.

**Болтовые соединения** – распространены в монтажных соединениях металлических конструкций.

Различают болты *грубой, нормальной, повышенной точности и высокопрочные.*

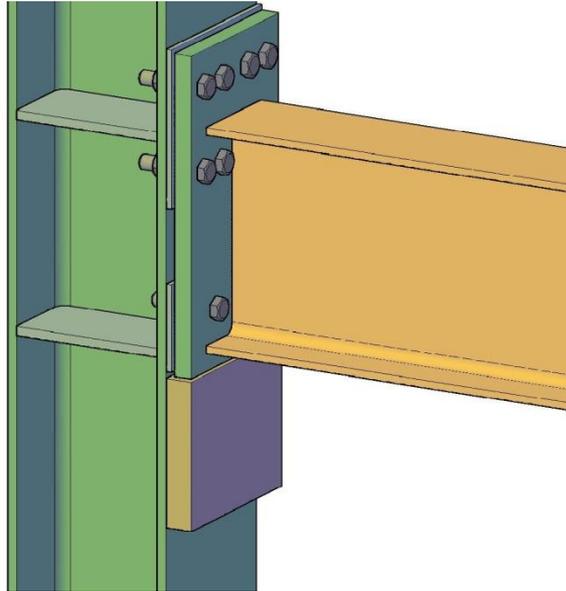
**Болты грубой и нормальной точности** не применяют в соединениях, работающих на срез. Отверстия для их постановки выполняют на 2-3 мм больше диаметра болта. Это облегчает сборку, но делает соединение податливым. Болты грубой и нормальной точности применяют для фиксации соединений непосредственного опирания одного элемента на другой, в узлах передачи усилий через опорный столик, в виде планок, а также во фланцевых соединениях.

**В болтах повышенной точности** – зазор 0,3-0,5 мм, что снижает податливость стыка и помогает воспринимать сдвигающие силы. Применяют вместо заклепок в труднодоступных местах, где невозможно ставить заклепки.

**Высокопрочные болты** – в основном из легированных сталей с последующей термической обработкой. Соединения просты и обеспечивают высокую несущую способность и малую деформативность, сдвигоустойчивость и могут заменять заклепки и болты повышенной прочности во всех случаях.

**Соединения на высокопрочных болтах существуют двух видов:**

*сдвигоустойчивые и с несущими болтами.*



## Операции сборки болтовых соединений на монтажной площадке:

- **ПОДГОТОВКА СТЫКУЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ** (очистка от ржавчины, грязи, масла, пыли, выправление неровностей, спиливание или срубка заусенцев на кромках деталей и отверстий);
- **СОВМЕЩЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ ПОД БОЛТЫ** (проходными оправками, диаметр которых немного меньше диаметра отверстия. Оправку забивают в отверстия, при этом они совмещаются);
- **СТЯЖКА ПАКЕТА СОЕДИНЯЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТЫКА** (производится сборочными болтами, которые устанавливают в каждое третье отверстие, но не реже чем через 500 мм. Болты затягивают до отказа и дополнительно подтягивают после установки смежного болта);
- **РАССВЕРЛОВКА ОТВЕРСТИЙ ДО ПРОЕКТНОГО ДИАМЕТРА И УСТАНОВКА ПОСТОЯННЫХ БОЛТОВ** (отверстия, выполненные на заводе на меньший диаметр, доводят после сборки на монтажной площадке до проектных размеров рассверливанием. После рассверливания и прочистки всех отверстий, свободных от сборочных болтов, сборочные болты развинчивают, последовательно переставляют в подготовленные отверстия проектного диаметра и рассверливают освободившиеся отверстия. Затем приступают к постановке всех постоянных болтов. Установка постоянных болтов начинается после выверки конструкции. Болты ставят в той же последовательности, что и при стяжке пакета. Длины и диаметры болтов оговариваются проектом).

**Гайки высокопрочных болтов затягивают *тарировочным ключом***, позволяющим контролировать и регулировать силу натяжения болтов. Для надежной работы болтового соединения гайки закручивают, создавая в болтах натяжение 1,7 МПа

Качество затяжки болтов проверяют, остукивая их молотком массой 0,3 0,4 кг, если при этом болт дрожит или смещается, то, значит, он затянут плохо. Плотность затяжки деталей проверяют щупом толщиной 0,3 мм — он не должен входить в глубь между собранными деталями более чем на 20 мм.

Выполнение монтажных соединений на высокопрочных болтах имеет некоторые особенности, связанные с подготовкой соединяемых поверхностей под стыковку и способов натяжения болтов.

В монтажных условиях подготовку соединяемых поверхностей производят газопламенной очисткой или обработкой стальными щетками.

Перед постановкой болты и гайки помещают в решетчатую тару и сначала опускают в кипящую воду для ликвидации заводской консервирующей смазки, а затем в ванну со смесью 15% минерального масла и 85% бензина.

**Болты позволяют создавать** более плотное и монолитное соединение. Под действием сдвигающих сил между соединяемыми элементами возникают силы трения, препятствующие сдвигу этих элементов относительно друг друга.

**Окончательно высокопрочные болты** затягивают на проектное усилие после проверки геометрических размеров собранных конструкций

*Надежная работа соединений* на высокопрочных болтах может быть обеспечена только при условии стабильного натяжения всех болтов.

В соединениях на высокопрочных болтах тщательно контролируют усилия натяжения болтов.

Выборочной проверке подлежат 25% болтов в соединении, а при их количестве 5 шт. и менее контролируют все болты. Отклонение фактического крутящего момента от расчетного не должно превышать 20%.

*Если при контроле обнаружат хотя бы один болт*, натяжение которого меньше требуемого, то контролю подлежат 100% болтов в соединении и натяжение каждого должно быть доведено до требуемой величины.

После контроля головки болтов следует окрасить, а все соединения — зашпатлевать по контуру.