

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Тульский государственный университет»

Институт Горного дела и строительства
Кафедра «Городского строительства, архитектуры и дизайна»

Утверждено на заседании кафедры

«ГСиА»

«29» января 2019 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой

_____ К.А. Головин

ЛЕКЦИИ

**«Современные организационно-технологические решения возведения
подземных и заглубленных сооружений»**

основной профессиональной образовательной программы

высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки

08.04.01 Строительство

с профилем

**Теория и практика организационно-технологических и
экономических решений**

Форма обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-03-19

Тула 2020 год

Открытый способ возведения подземных сооружений

При строительстве различного рода подземных сооружений (гаражи, тоннели, шлюзы, насосные станции и очистные сооружения) наиболее эффективно применение способа **«стена в грунте»**. Сущность этого способа заключается в следующем: с помощью специального штатного или грейдерного оборудования к экскаваторам с объемом ковша 1 м³ и более разрабатывают траншею шириной 0,2 – 1, 0 м и глубиной 1 м и более.

Для предотвращения обрушения вертикальных стенок траншеи используют глинистый раствор, обеспечивающий необходимое гидростатическое давление. После отрывки на полную глубину участка траншеи экскаватор передвигают на новую стоянку, а на открытом участке траншеи возводят стенку из монолитного железобетона или сборных элементов. Затем по окончании устройства «стена в грунте» по периметру сооружения или котлована производят разработку грунта и транспортировку его из котлована обычными методами, т.е. с использованием экскаваторов, автомобилей-самосвалов и другого оборудования. Стены сооружений и ограждений котлованов, устраиваемые способом «стена в грунте» могут иметь различную форму: прямоугольную, многоугольную, круглую, крестообразную и т.д.

Для проходки траншеи с вертикальными или наклонными стенками наиболее эффективными являются землеройные машины, обеспечивающие непрерывную или цикличную разработку траншеи на всю высоту. К таким машинам относятся экскаваторы с обратной лопатой (для траншеи глубиной до 7,4 м), драглаины (для траншей глубиной до 16,3 м), буровфрезерные машины СВД-500Р.

Эффективность и целесообразность способа «стена в грунте», выбор механизмов для производства работ зависят от гидростатических условий строительной площадки и характеристики возводимого сооружения. Этот способ применяется при заглублении конструкции в водоупорный слой; тесной застройки территории; при высоком уровне грунтовых вод в районе строительства; устройстве помещений, заглубленных в грунт более чем на 5-7 м.

Подземные сооружения - заглубленные части (полностью или частично) жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, а также тоннели автомобильных дорог и пешеходных переходов ниже планировочной отметки земли, включая уникальные объекты (заглубление подземной части которых ниже планировочной отметки земли более чем на 10 м). Наиболее распространёнными видами подземных сооружений по назначению являются: подземные гаражи, спортивные, рекреационные помещения, залы для зрелищных мероприятий и т. д. ; сооружения промышленно-технологического назначения (емкости водопроводных и канализационных сетей, заглубленные части дробильно-сортировочных цехов, металлургических производств, подземные атомные котельные и т. п.); убежища ГО; пешеходные и коммуникационные тоннели; жилые дома; подпорные стены.

Тоннель (туннель) - протяженное подземное сооружение высотой 2 м и более до выступающих конструкций, предназначенное для прокладки железных и автомобильных дорог, пешеходных переходов, коммуникаций. Подземный пешеходный переход обычно состоит из собственно тоннеля под проезжей частью или железной дорогой и ведущих к нему ступеней, расположенных на пешеходных дорожках. Часто ступеньки оборудованы наклонными дорожками для спуска велосипедов, детских и инвалидных колясок.

Сборные железобетонные тоннели могут конструироваться составными из отдельных элементов - стен, днища и крышки; из элементов П -образного сечения - днища с нижними участками стен и перекрытия с верхними участками стен или из элементов, представляющих собой одну стенку с участками днища и перекрытия. Разрезка может быть и по другой, экономически обоснованной схеме. При небольших размерах поперечного сечения (с точки зрения удобства изготовления и транспортировки) тоннели могут конструироваться из цельных замкнутых блоков длиной 1 - 3 м.

Подземные сооружения возводятся при устройстве фундаментов глубокого заложения, насосных станций, гаражей, вагон опрокидывателей, опор мостов и других сооружений, возведение которых открытым способом не эффективно или не возможно. В качестве способов возведения подземных сооружений выделяют:

- глубокие буровые опоры;
- опоры из тонкостенных сборных оболочек;
- опускные колодцы;
- кессоны;
- способ "стена в грунте".

Устройство глубоких буровых опор

Буровые опоры глубокого заложения первоначально применялись в мостостроении (так называемые сваи Е.Л. Хлебникова) с целью прохода слабых водонасыщенных грунтов с передачей нагрузок на более сильные скальные основания, залегающие на большой глубине (своего рода сваи-стойки в виде мощных буронабивных свай). Технология возведения буровых опор глубокого заложения аналогична технологии возведения буровых свай, однако их размеры значительно больше: диаметр до 3,5 м, диаметр уширений до 5 м и глубина 100 и более метров. Для получения необходимых размеров ствола скважины используются специальные мощные бурильные установки различных фирм или экскаваторы с грейферным оборудованием.

Опоры из тонкостенных сборных оболочек

Наибольшее распространение получили тонкостенные металлические и железобетонные оболочки диаметром до 4.5 м и длиной секций до 12 м. Железобетонные оболочки изготавливают на заводах способом центрифугирования с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой толщиной стенок в среднем 110 мм и защитным слоем арматуры не менее 25 мм.

Оболочки погружают вдавливанием, вибрированием и завинчиванием, аналогично погружению готовых свай. Отличие составляет лишь более мощное используемое оборудование. К бесспорным преимуществам таких фундаментов можно отнести высокую степень индустриализации, а невысокая несущая способность может быть компенсирована устройством кустовых опор. В состав работ по устройству таких опор входят (рис. 1): укрупнительная сборка (наращивание) секций оболочки; погружение; удаление грунта из полости; бурение скального основания; заполнение полости оболочки бетонной смесью; устройство ростверка.

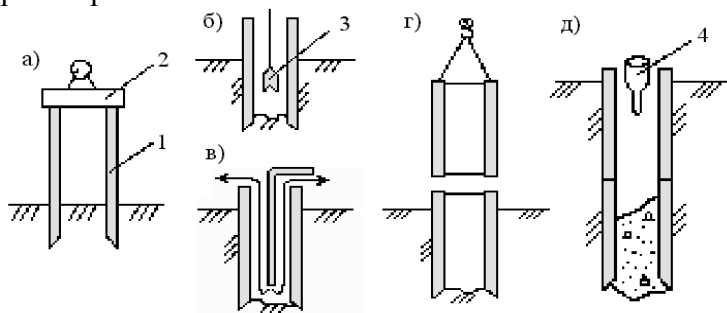


Рис 1. Технологическая последовательность возведения глубоких опор из тонкостенных оболочек.

а) погружение первого звена оболочки; б) извлечение грунта из полости оболочки при помощи грейфера; в) извлечение грунта из полости оболочки при помощи промывной оболочки водой под давлением 10 атм.; г) наращивание следующего звена оболочки; д) бетонирование полости оболочки. 1 – оболочка; 2 – вибропогружатель; 3 – грейфер;

4- приемная воронка.

Соединение секций

Оболочки осуществляют путем соединения их фланцев на болтах или сварке (рис. 2).

Металлические стыки секций с целью защиты от коррозии покрывают битумной обмазкой. Нижнюю секцию в процессе изготовления соединяют с режущей металлической конструкцией – ножом.

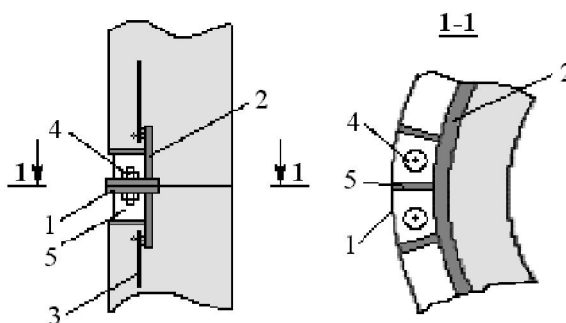


Рис 2. Соединение звеньев железобетонной оболочки.

1 – фланец; 2 – обечайка; 3 – арматура оболочки; 4 – болты; 5 – ребра жесткости.

Погружение оболочек

Осуществляется вдавливанием (многотонный пригруз из пакета железобетонных блоков или плит), вибропогружением с возможным сочетанием гидромеханизации и бурения, ударно-канатного бурения и завинчиванием.

На скальное основание оболочка садится по специальной методике представленной на рис.3. обеспечивающей наилучшую работу оболочки при опирании на скальное основание.

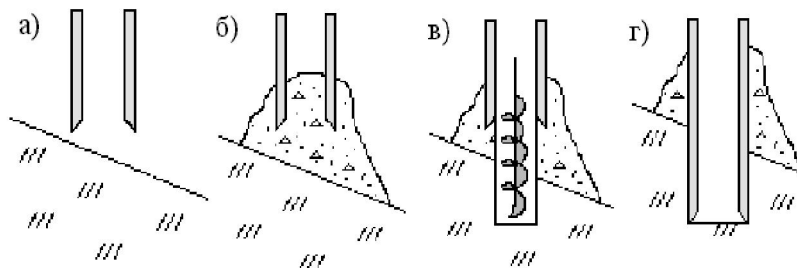


Рис 3. Схема посадки (проходки) оболочки на скальный грунт.

а) оболочка достигла скального основания; б) укладка тампонажного бетона; в) разбуривание отвердевшего бетона со скальным основанием (препятствием); г) дальнейшее погружение оболочки.

Удаление грунта в зависимости от его вида может осуществляться как непрерывно по мере погружения оболочки с использованием гидромеханизированного способа, или периодически после того, как прекращается заглубление оболочки (в этом случае работы организуют одновременно на двух рядом стоящих оболочках, чтобы, сняв пригруз или вибропогружатель на период разработки грунта с одной оболочки, его можно было использовать для погружения второй).

Заполнение бетоном осуществляют после очистки от грунта, промывки и откачки воды из полости оболочки. Заполнение бетоном может быть как полным, так и частичным путем утолщения стенок оболочки.

Опускные колодцы

Конструкция опускных колодцев в плане круглого, эллиптического и реже прямоугольного сечения, а по вертикале – цилиндрическая, призматическая, или ступенчатая. В нижней части колодец снабжен режущей кромкой (ножом), обшитой стальными листами (рис. 4).

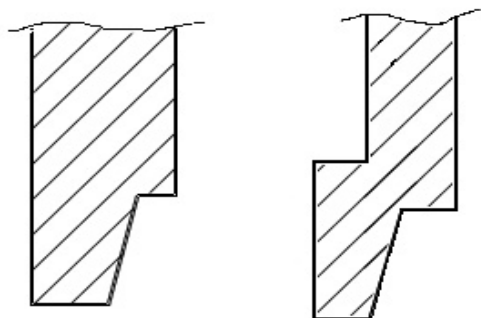


Рис. 4 Конструкции ножей опускных колодцев

Технологическая последовательность выполнения работ включает в себя:

- установку конструкций колодца на поверхности земли в месте погружения (монтаж сборных элементов и бетонирование монолитных конструкций);
- разработку грунта внутри колодца в направлении от центра к ножу;
- опускание колодца с выдавливанием грунта из под ножа во внутрь;
- наращивание высоты колодца по мере погружения;
- устройства днища или заполнение полости колодца бетоном.

Опускные колодцы разделяются на массивные, применяемые в основном для возведения фундаментов глубокого заложения и тонкостенные, используемые при возведении заглубленных сооружений. **Массивные колодцы**, как правило, погружают под воздействием собственного веса под действием вибрации. **Тонкостенные колодцы** погружаются в тиксотропной рубашке с использованием пригруза. Тиксотропная рубашка обеспечивает снижение сил бокового трения между стенками колодца и грунтом. Погружение колодца выполняется при соблюдении определенных условий зависящих от наружного и внутреннего радиусов стен колодца; объемной массы материала стен колодца; уровня грунтовых вод; сил бокового трения. Если в результате выполненных расчетов масса колодца окажется недостаточной, то увеличивают толщину стен, или устраивают тиксотропные рубашки.

Для исключения преждевременного погружения, нож колодца на основание

устанавливается на специальные деревянные или бетонные подкладки, которые удаляются в определенной последовательности (одновременно попарно диаметрально противоположные).

Опускные колодцы погружают с водоотливом и без него.

С водоотливом погружение выполняют при малом притоке грунтовых вод при условии, что вблизи нет сооружений чувствительных к осадкам (при данном способе происходит интенсивное движение грунтовых вод внутрь колодца, что вызывает осадку прилегающих к колодцу грунтов). В осушенных колодцах разработку грунта осуществляют в зависимости от размеров колодца и характеристик грунта (экскаватор прямая лопата, кран-бадья, бульдозер, грейфер и взрывной способ рис. 5). Порядок разработки грунта в колодце состоит в первоначальной разработке средней части на глубину 1.5...2 м не доходя до ножей на 1...3 м. Разработка бермы выполняется в ручную (в редких случаях путем размыва гидромониторами) слоями по 10...15 см и шириной по 20...30 см равномерно по всему периметру колодца, за исключением специально фиксированных зон. Если после разработки берм до фиксированных зон колодец не опускается, то осуществляют одновременную разработку фиксированных зон.

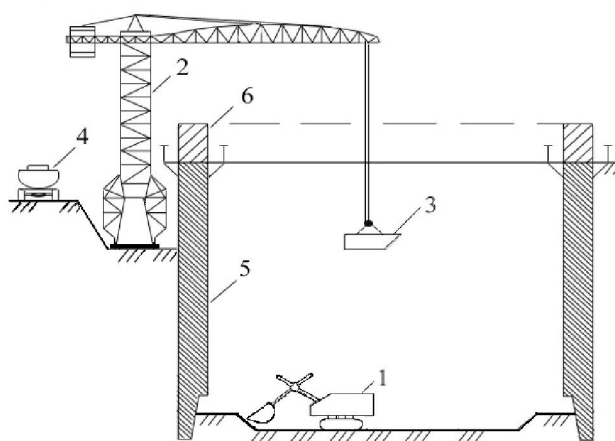


Рис. 5 Схема разработки грунта механизмами.

1 – экскаватор; 2 – кран;
3 – бадья;
4 – автосамосвал;
5 – стены опускного колодца;
6 – опалубка наращиваемого яруса стен.

Погружение опускных колодцев без водоотлива осуществляется при помощи гидроэлеваторов или эрлифтов (рис. 6). Уровень воды в колодце необходимо постоянно поддерживать в пределах уровня грунтовых вод, что предотвращает наплыв грунта из-под ножа во внутрь колодца.

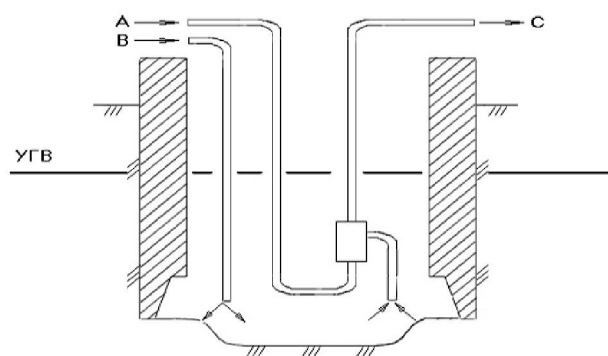


Рис. 6. Схема разработки грунта гидромеханическим методом при помощи гидроэлеватора (а – вода; б – вода; с – вода с грунтом.) и эрлифта (а – воздух; б – вода; с – вода с грунтом)

С целью снижения сил бокового трения опускные колодцы погружают в **тиксотропных рубашках**. Для этого в полость, возникающую под наружным выступом ножа по трубам расположенными между стенкой опускного колодца и грунтом нагнетают глинистый раствор с тиксотропными свойствами. Силы трения уменьшаются при этом на 90%,

оставаясь только в пределах поверхности ножа. Для предотвращения прорыва глинистого раствора в область ножа применяют уплотнитель из листовой резины (рис. 7), а для предотвращения обрушения грунта в верхней части по периметру колодца закрепляют форшахту.

Бетонирование дна колодца при его опускании без водоотлива осуществляют методами подводного бетонирования (вертикальное перемещение трубы или восходящего раствора). После приобретения бетоном дна требуемой прочности воду откачивают и дальнейшие работы осуществляют обычными способами. При погружении колодцев ниже уровня грунтовых вод необходимо производить проверочные расчеты на его возможное всплытие

в

процессе

эксплуатации.

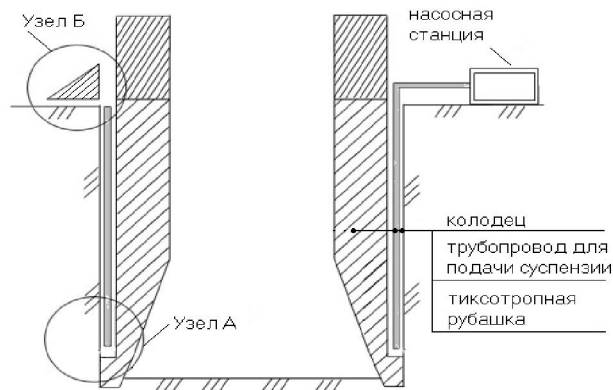
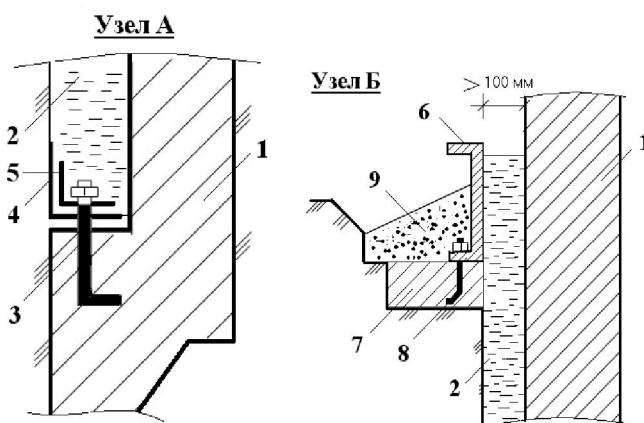


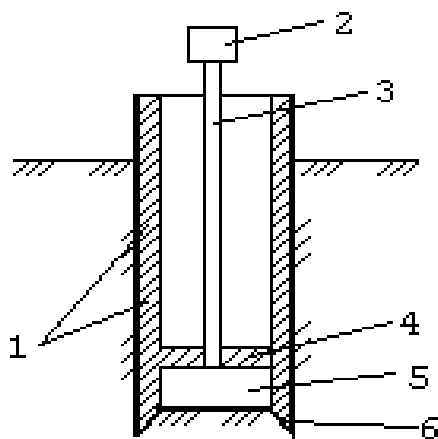
Рис. 7 Погружение опускного колодца в тиксотропной рубашке.



1 – стенка колодца; 2 – глинистый раствор с тиксотропными свойствами; 3 – анкерный болт; 4 – листовая резина; 5 – металлический уголок; 6 – форшахта (швеллер, лист с приваренным уголком); 7 – железобетонное кольцо; 8 – анкерный болт; 9 – грунтовая засыпка;

Кессоны

Кессонный метод погружения применяется если нет возможности осуществить погружение обычных опускных колодцев из-за: высокого притока воды; осложнения работ по осушению при наличии в грунте крупных включений твердых пород; производства работ вблизи сооружений, когда велика вероятность выпора грунта. Основные элементы кессона представлены на рис. 8



- 1 – надкамерные стены;
- 2 – шлюзовой аппарат;
- 3 – шахтная труба;
- 4 – потолок кессонной камеры;
- 5 – кессонная камера;
- 6 – консоль кессонной камеры с ножевой частью.

Рис. 8. Устройство кессона.

Сущность метода заключается в создании в кессонной камере определенного избыточного давления воздуха, вытесняющего грунтовые воды за пределы ножа. Это исключает наплыв грунта и воды внутрь кессона и вся работа осуществляется в осушенном пространстве кессонной камеры.

Наибольшая сложность при выполнении работ данным методом заключается в постоянном поддержании необходимого рабочего давления в камере. С этой целью, для входа и выхода людей, а также извлечения грунта, предусмотрен шлюзовой аппарат. Подача воздуха в камеру и регулировка давления в шлюзовом аппарате осуществляется отдельно по специально смонтированным трубопроводам (рабочему и резервному) подключенным к компрессорной станции, расположенной в верхней части погруженного фундамента.

Необходимое условие погружения кессона определяется из следующего выражения:

$$Q_k + Q_p > T + P_1 \cdot S_1 + P_2 \cdot S_2$$

где Q_k - масса кессона;

Q_p - масса надкессонной конструкции и груза;

T - общая величина силы бокового трения колодца о грунт;

P_1 - давление грунта под ножом кессона;

S_1 - площадь внутренней поверхности ножевой части кессона;

P_2 - избыточное давление воздуха в кессоне;

S_2 - площадь кессонной камеры по наружному очертанию.

Разработка грунта в кессонной камере осуществляется методами гидромеханизации и ручным способом с применением пневмоинструментов и ручных взрывов. В отличие от опускных колодцев можно спровоцировать форсированное погружение: по периметру ножа разрабатывается траншея глубиной до 0,5 м ; после удаления из камеры

людей примерно на половину снижают давление в кессонной камере (по формуле снижается величина P_2) и он быстро погружается до упора ножа в дно траншеи; в камере поднимается давление воздуха и разрабатывается грунт в центре.

Кессонный метод погружения является одним из самых надежных в любых гидрогеологических условиях, но при этом ограничена глубина погружения при нахождении в кессонной камере людей до 36 отметка ножа до 40 м (дальнейшее погружение возможно при автоматической разработки грунта в кессонной камере дистанционным методом).

После погружения кессонная камера заполняется бетоном, бутобетоном или песком с плотной подбивкой под потолок кессона. Оставшаяся пустота заполняется цементно-песчаным раствором под давлением (в некоторых случаях допускается посадка кессона непосредственно на грунт или заполнением местными глинами и суглинками).

Стена в грунте

Сущность способа "стена в грунте" состоит в том, что при строительстве заглубленных подземных сооружений вначале сооружают стены, и уже после этого разрабатывают грунт и бетонируют днище.

К преимуществам рассматриваемого способа следует отнести:

- уменьшение в 5...6 раз объема земляных работ;
- в несколько раз сокращаются работы по устранению грунтовых вод;
- упрощается разработка грунта в ядре между стенками (полукарьерный способ);
- стоимость работ сокращается более чем на 50%;
- удобство производства работ в стесненных условиях (закрытый способ при строительстве в цехах);
- после устройства стен возможно одновременное ведение работ вниз и вверх (т.е. имеет место сокращение сроков строительства. Для этого после возведения стен устраивают перекрытие, в котором оставляют проемы для извлечения грунта).

В качестве материала стен используется монолитный железобетон или сборные железобетонные элементы.

Метод «стена в грунте» позволяет возводить сооружения заглубленные в грунт более чем на 30 м в глубоких траншеях, борта которых удерживаются от обрушения глинистой суспензией (задача: создание избыточного гидростатического давления на борта траншеи, обеспечивая их закрепление благодаря тиксотропным свойствам раствора). Другими словами должно выполняться следующее условие :

$$Q_p = K_{y.p.} \cdot (Q_g + Q_v) ,$$

где Q_p - давление на стенки траншеи глинистого раствора ;

$K_{y.p.} = 1,1$ - коэффициент условий работы;

$Q_{г}$ - давление грунта траншеи приводящее к его обрушению (временное закрепление откосов) ;

$Q_{в}$ - давление грунтовых вод .

Технологическая последовательность производства работ:

- устройство пионерной (лидерной, направляющей) траншеи и воротника;
- разработка траншей стен под защитой глинистой суспензии;
- возведение в траншее под глинистой суспензией стены;
- поярусная разработка грунта ядра сечения;
- устройство днища;
- производство общестроительных работ.

Устройство пионерной траншеи

Устройство пионерной траншеи осуществляется по необходимости для придания направления основной траншеи и устройства воротника. Осуществляется путем бурения лидерных скважин с определенным шагом, первоначальной проходки роторным экскаватором или экскаватором циклического действия.

Фартук (воротник, форшахта) возводится в верхней части будущей траншеи и предназначается для исключения обрушения грунта (рис. 9) .

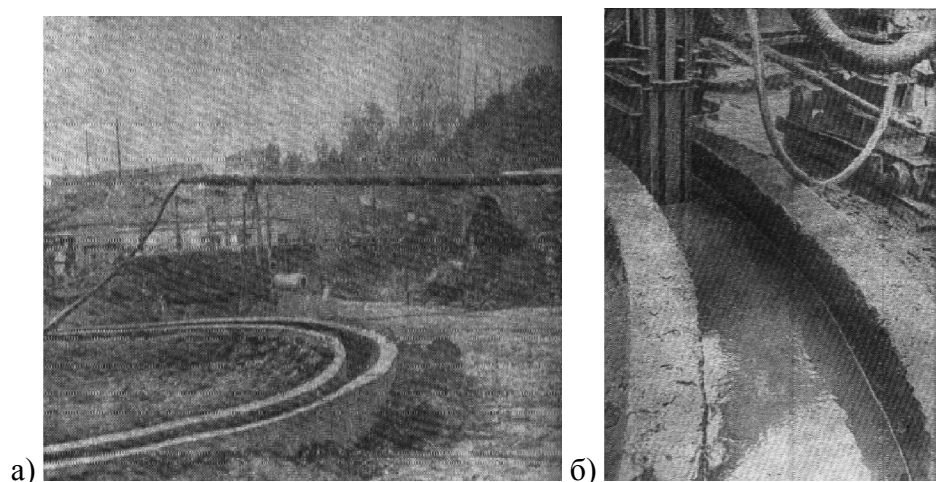


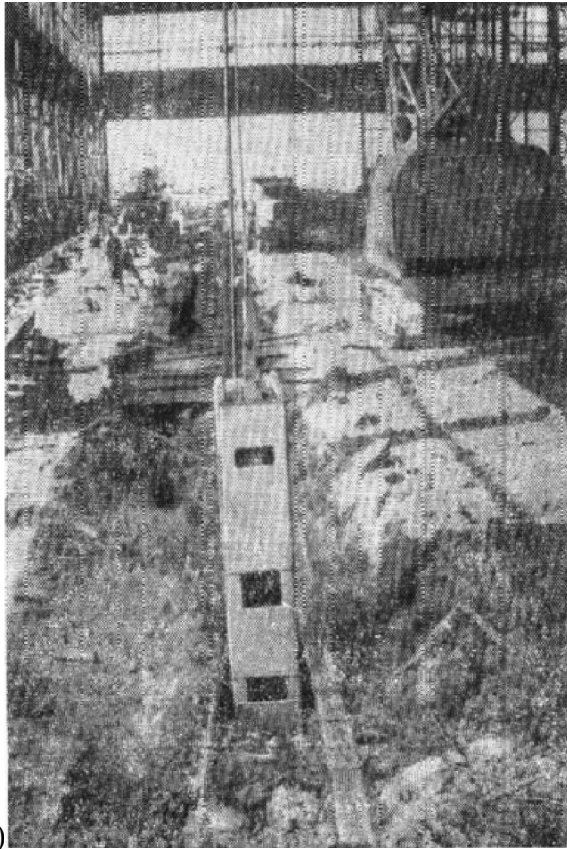
Рис. 9. а) - бетонная форшахта для круглого в плане подземного сооружения; б) - разработка круговой траншеи гидромеханизированным траншеекопателем.

Разработка траншеи

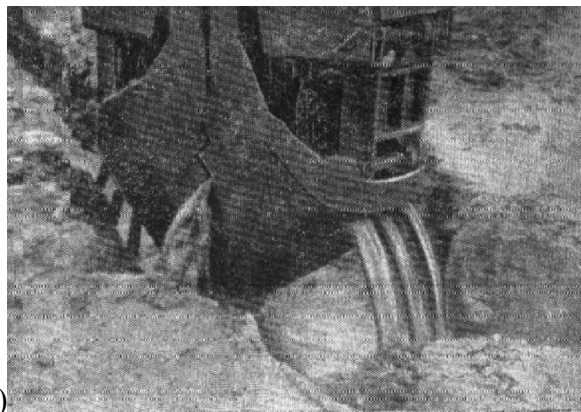
Разработка траншеи под защитой глинистой суспензии производится с использованием различного оборудования:

1.

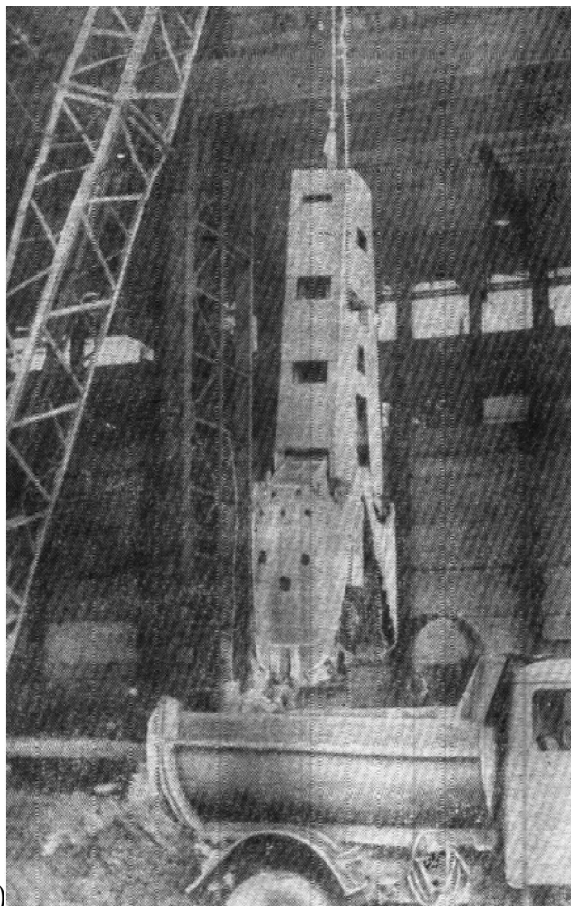
Плоский грейфер (рис.10) движется вдоль разрабатываемой траншеи. В его конструкции предусмотрены отверстия для вытекания глинистого раствора. При этом крупные фракции разрабатываемого грунта задерживаются. Технологическая схема производства работ представлена на рис. 11 .



а)



б)



в)

Рис. 10. а) - разработка траншеи плоским грейфером; б) - вытекание глинистой суспензии из плоского грейфера при разработке траншеи; в) - выгрузка грунта из плоского грейфера автомобиль-самосвал.

1.

^ **Гидромеханизированный траншеекопатель.** Возможности: траншеи до 20 м, 600 мм шириной, при разработке мягких грунтов (песок, супесь).

Траншеекопатель оборудован приспособлениями для передвижения, подъема и вращения рабочего органа, подачи - возврата - очистки глинистой суспензии:

- перемещается на 3-х шагающих опорах ;
- рабочий орган поворачиваясь перемещается вверх-вниз, разрабатывая грунт будущей траншеи ;
- глинистая суспензия вместе с частицами грунта выносится на верх, где очищается, проходя систему специальных сит, и используется заново.

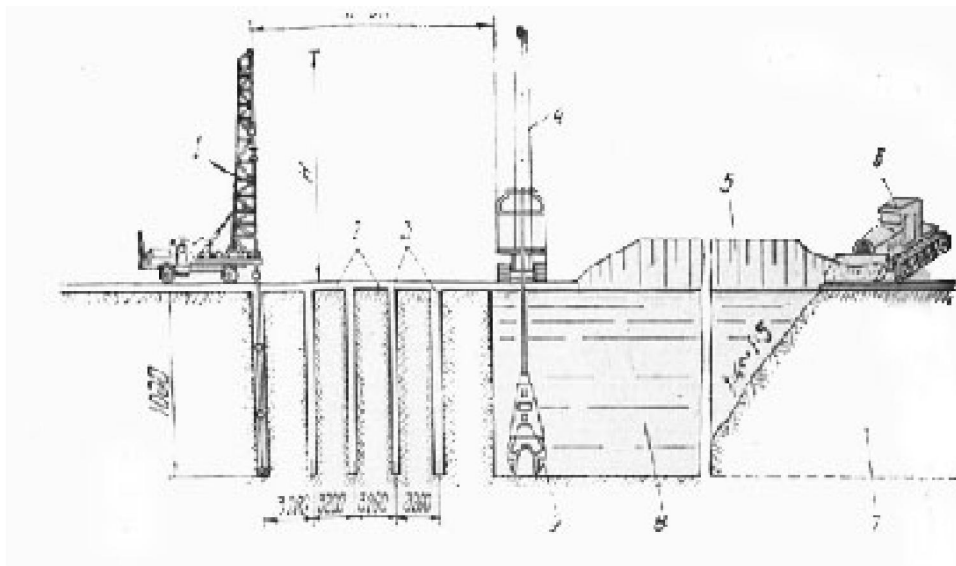


Рис. 11. Технологическая схема производства работ

Метод **секущихся буронабивных свай** осуществляется "С образной" трубой специальной конструкции. Технология аналогична устройству буронабивных свай в обсадной трубе (обсадная труба друг к другу) рис. 12. Преимущества метода заключается в возможности производства работ без использования глинистого раствора. В устойчивых маловлажных грунтах можно траншею получать путем бурения скважин друг к другу с последующей доработкой

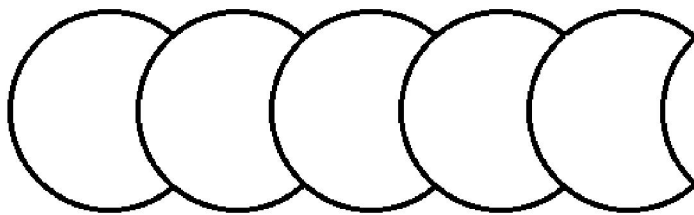


Рис. 12. Секущиеся буронабивные сваи

4.

Штанговый экскаватор представлен на рис. 13.

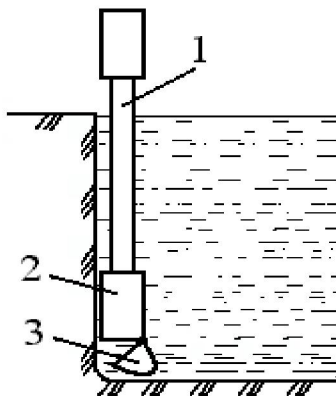


Рис. 13 Штанговый экскаватор.

1 – штанга с гидроприводом; 2 – ковш; 3 – грейферная часть ковша.

Возведение стен под глинистым раствором

Монолитный железобетон укладывается с применением бетонолитной трубы методом вертикального подъема трубы рис. 14.

Сборные железобетонные элементы монтируются при помощи кранов с возможным исключением горизонтальных стыков.

Порядок монтажа стыка показан на рис. 15.

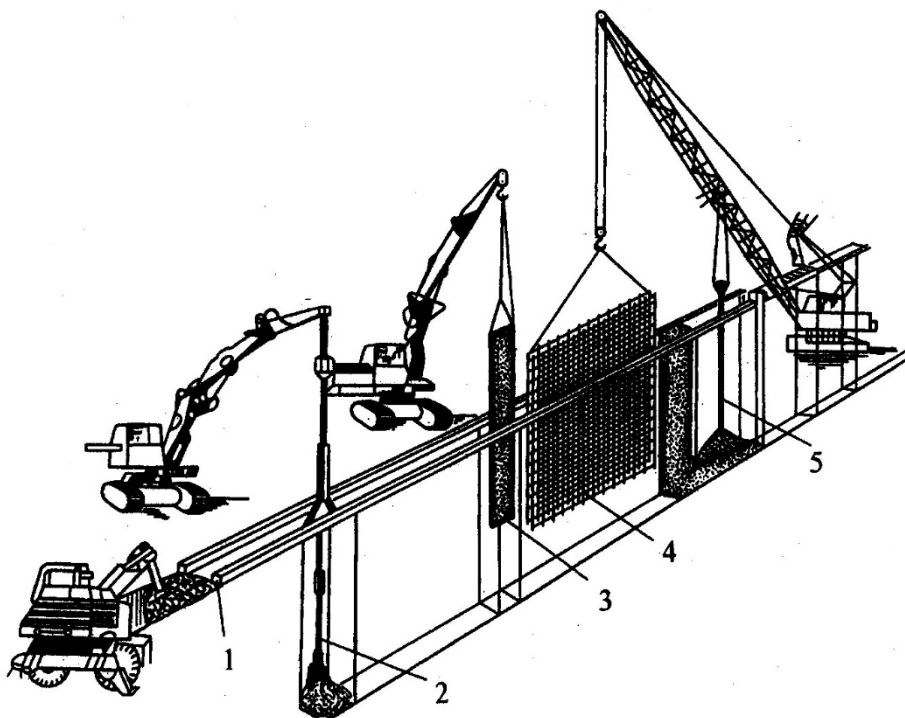


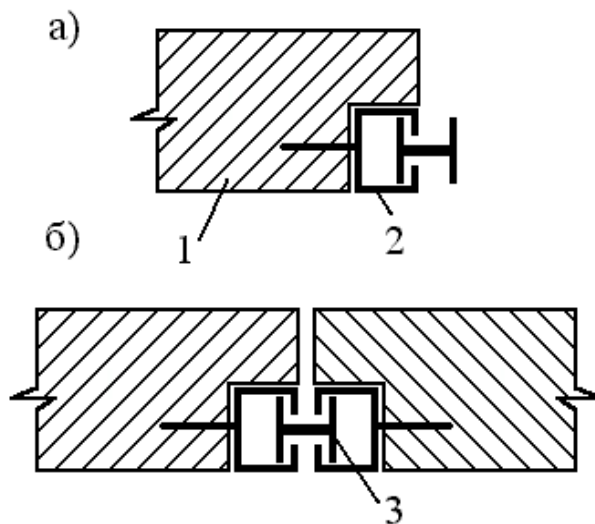
Рис. 15. Технологическая схема устройства монолитной стены в грунте:

1 – устройство форшахты; 2 – рытьё траншеи; 3 – устройство ограничителей между захватками; 4 – монтаж арматурных каркасов

Рис. 14 Конструкция стыка.

1 – сборный железобетонный элемент; 2 – направляющая закладная деталь; 3 – переставной шаблон из прокатного профиля.

После установки панели в проектное положение временно закрепляется верх стыка. Окончательное закрепление поярусно на всю высоту по мере разработки ядра сооружения.



1. Открытый способ возведения подземных сооружений

При строительстве различного рода подземных сооружений (гаражи, тоннели, шлюзы, насосные станции и очистные сооружения) наиболее эффективно применение способа *«стена в грунте»*. Сущность этого способа заключается в следующем: с помощью специального штатowego или грейдерного оборудования к экскаваторам с объемом ковша 1 м^3 и более разрабатывают траншею шириной $0,2 - 1,0$ м и глубиной 1 м и более.

Для предотвращения обрушения вертикальных стенок траншеи используют глинистый раствор, обеспечивающий необходимое гидростатическое давление. После отрывки на полную глубину участка траншеи экскаватор передвигают на новую стоянку, а на открытом участке траншеи возводят стенку из монолитного железобетона или сборных элементов. Затем по окончании устройства «стена в грунте» по периметру сооружения или котлована производят разработку грунта и транспортировку его из котлована обычными методами, т.е. с использованием экскаваторов, автомобилей-самосвалов и другого оборудования. Стены сооружений и ограждений котлованов, устраиваемые способом «стена в грунте» могут иметь различную форму: прямоугольную, многоугольную, круглую, крестообразную и т.д.

Для проходки траншеи с вертикальными или наклонными стенками наиболее эффективными являются землеройные машины, обеспечивающие непрерывную или циклическую разработку траншеи на всю высоту. К таким машинам относятся экскаваторы с обратной лопатой (для траншеи глубиной до $7,4$ м), драглаины (для траншей глубиной до $16,3$ м), буровфрезерные машины СВД-500Р.

Эффективность и целесообразность способа «стена в грунте», выбор механизмов для производства работ зависят от гидростатических условий строительной площадки и характеристики возводимого сооружения. Этот способ применяется при заглублении конструкции в водоупорный слой; тесной застройки территории; при высоком уровне грунтовых вод в районе строительства; устройстве помещений, заглубленных в грунт более чем на 5-7 м.

II. Выбор машин, оборудования и материалов, используемых в процессе работ

Выемка грунта производится с помощью машин циклического и непрерывного действия. К 1 группе следует отнести обычные экскаваторы с ковшом, оборудованные обратной лопатой. При глубине траншеи от 7 до 12 м устанавливают удлиненные рукоятки. Наибольшее распространение получило оборудование с рабочим органом в виде двухчелюстных грейдеров, которые подвешивают на канате стрелы крана-экскаватора, либо закрепляют на специальной жесткой штанге.

Оборудование непрерывного действия более производительное, но и более дорогое и сложное в эксплуатации. К этой группе относится гидравлический траншее-копатель. Он предназначен для разработки траншей в песчаных, глинистых и суглинистых грунтах глубиной до 20 м и шириной до 0,5 - 0,8 м.

Возведение монолитных стен из бетона и железобетона в траншеях под защитой глинистого раствора производят методом вертикально перемещающейся трубы. В комплект специального оборудования для укладки бетонных смесей входят: вышка с воронкой; бетонолитная секционная труба; опорная шайба и бадья для бетонной смеси. В траншеях глубиной до 20 м можно применять телескопические бетоноукладчики.

Буровые (надземные) вышки предназначены для бурения скважин добычи нефти и газа, имеют высоту до 60 м. Монтаж выполняется способами поворота вокруг шарнира с использованием монтажных кранов, тракторов или вертолетов. Возможен вариант монтажа буровых вышек способом наращивания с предварительным укрупнением элементов в монтажные блоки.

Надшахтные здания в зависимости от производительности шахты представляют собой башни или многоярусные этажерки с размером в плане от нескольких метров до десятков метров при высоте 30-125 м.

Такие сооружения высотой примерно до 70 м собирают полностью на земле в горизонтальном положении и затем устанавливают в проектное вертикальное положение поворотом вокруг опорного шарнира с применением конструкций проектной укосины копра в качестве грузоподъемного портала или шевра. Надшахтные здания высотой более 70 м обычно монтируют методом наращивания с использованием башенного передвижного или прислонного крана.

Монтаж копров в проектное положение производят после проходки вертикального ствола шахты, что увеличивает срок шахты в эксплуатацию. Для совмещения работ по проходке и обустройству ствола шахты, а также возведению надшахтного здания методом наращивания целесообразно сборку его выполнять в стороне от устья ствола с последующей надвижкой в проектное положение.

Как показывает отечественная практика монтажа надшахтных зданий, существуют следующие основные способы монтажа:

- безъякорным методом;
- методом наращивания;
- сборкой и надвижкой надшахтного здания.

Монтаж копров безъякорным методом применим для возведения сравнительно невысоких – до 70 м и ограниченных в плане размерами 6х6 м надшахтных сооружений. А при этом масса оснащенного перед подъемом станка копра достигает 220 т.

Монтаж безъякорным способом требует предварительного статического проверочного расчета несущей способности станка копра и укосины на монтажные нагрузки в начале подъема укосины и в момент отрыва станка копра. При недостаточной прочности и устойчивости стержней станка или укосины необходимо произвести соответствующее их усиление.

Укрупнительная сборка копра выполняется с помощью гусеничных кранов грузоподъемностью 25-40 т. После сборки нижней секции производят пробный поворот ее в вертикальное положение для проверки работы шарниров копра и точности посадки подошв стоек копра на фундаментные болты. В процессе укрупнительной сборки копер оснащается лестницами и подмостями для приема элементов надшахтного здания, монтажными балками для стеновых панелей. Для обеспечения большей устойчивости

копра в положении неустойчивого равновесия в процессе подъема место строповки располагается несколько выше центра тяжести станка копра.

Методом наращивания монтируют надшахтные здания с большими в плане размерами (21х24 м) и высотой более 100 м. Конструктивная схема здания представляет собой рамный каркас из сварных двутавров, перекрытия выполняются из сборного и монолитного ж/б, укладываемыми по профилированному настилу, ограждающие конструкции выполняются из керамзито-бетонных панелей. Монтаж осуществляется методом наращивания, поярусно, с использованием прислонных кранов.

Несущие конструкции копра монтируют плоскостными блоками массой до 24 т. Укрупнение конструкций в блоки выполняется на приобъектном складе с помощью гусеничного крана МКГ-25. Параллельно с поярусным монтажом конструкций надшахтного здания кранами на перекрытия поднимаются оборудование и различные материалы. Работы каждого яруса завершаются 100 % готовностью, включая установку технологического оборудования и выполнение общестроительных работ. Продолжительность монтажа копров по описанному методу составляет около 10 месяцев – по сравнению с 22-мя месяцами продолжительности возведения капров с помощью ползучих кранов.

Многоярусные технологические этажерки являются составной частью технологических комплексов химических, нефтеперерабатывающих заводов. Технологические этажерки представляют собой пространственную металлоконструкцию с размерами в плане 8х34 м, высотой 66,6 м; устанавливаемую на постамент высотой 14 м. В практике применяют, в основном, два способа крупноблочного монтажа этажерок.

При способе монтажа пространственными горизонтальными блоками этажерка делится на три пространственных горизонтальных блока. Нижние два блока собирают на монтажной площадке в вертикальном положении, что вызывает необходимость выполнения монтажных операций на значительной высоте. Третий, верхний блок укрупняют и стыкуют с ранее установленными, для этого стыкуются и свариваются 10 пар колонн. В этих целях устанавливают специальные приспособления и работы производят при подвешенном верхнем блоке.

По способу монтажа вертикальными пространственными блоками этажерка делится на два вертикальных блока. Укрупненные блоки монтируют поочередно, затем производят досборку части этажерки из отдельных элементов между блоками. При обоих способах монтаж выполняют двумя мачтами высотой 72 м, грузоподъемностью на 100 т. В начале монтажа мачты наклоняют к укрупненному блоку, затем с поднятым грузом

перемещают мачту обратно к постаменту. Такой сложный маневр двумя мачтами требует высокой квалификации монтажников и имеет повышенную опасность.

Метод монтажа полностью собранной этажерки обладает ограниченной собственной несущей способностью, необходим проверочный статический расчет объемно-пространственной металлоконструкции этажерки и соответствующее ее усиление. Одним из наиболее эффективных вариантов временного усиления этажерки перед подъемом является применение фермы-траверсы длиной до 36 м и грузоподъемностью 400 т, представляющей собой трехярусную трубчатую пространственную форму, размещаемую внутри этажерки и прикрепленную к ней двумя верхними поясами, третий пояс остается свободным. Масса фермы усиления составляет 50 т. Нижняя часть этажерки также подлежит усилению во избежание деформаций элементов в процессе монтажа. Такое усиление может быть выполнено в виде двух труб, пропущенных вдоль этажерки и соединенных между собой связями. В качестве грузоподъемных средств используется комплект из двух мачт типа АК-400.

Установка этажерки в проектное положение предусматривает три этапа:

- 1) перевод из горизонтального положения в наклонное, с расположением верха этажерки выше постамента;
- 2) подъем этажерки над постаментом до вертикального положения грузовых полиспастов мачт;
- 3) наводка этажерки в проектное положение на анкерные болты.

Водонапорные башни используются для создания соответствующего напора воды в системах оборотного, постоянного и аварийного производственного водоснабжения. Сооружения представляют собой стальной вертикальный резервуар диаметром 15-20 м, высотой до 20 м, объемом 1000-3600 м³, опирающийся на пространственную цилиндрическую или комплексную поддерживающую конструкцию. Днище стального резервуара водонапорной башни имеет сферическую или коническую форму с опорным кольцом, передающим нагрузку на поддерживающую конструкцию. Поддерживающая конструкция выполняется из металлических конструкций, представляющих собой вертикальные колонны сварного двухтаврового сечения, соединенные горизонтальными поясами и перекрестной связевой решеткой, образующими вертикальную цилиндрическую форму.

Существует поддерживающая конструкция водонапорных башен из треугольных ферм, располагаемых поярусно друг над другом с уменьшением числа этих ферм по мере

увеличения высоты, за счет чего образуется коническая форма башни. Общая высота водонапорных башен достигает 60 м, масса металлоконструкций – свыше 400 т.

Монтаж водонапорных башен ведут башенными или стреловыми кранами. Наибольшие башни объемом воды до 1000 м³ и высотой до 40 м могут быть смонтированы методом поворота вокруг опорного шарнира с помощью тракторов или лебедок. Возможен монтаж башен с помощью центрального устанавливаемого крана-укосины, демонтируемого после окончания сборки башни.

При монтаже водонапорных башен широко применяется блочный монтаж, при этом колонны предварительно совместно с поясами и раскосной решеткой укрупняются в горизонтальном положении в плоскостные блоки высотой до 20 м и массой до 35 т.

Сферическое или коническое днище монтируется из предварительно укрупненных на специальном стенде укрупненных блоков массой по 4 кг. Цилиндр бака собирают из 4 царг массой до 25 т. Каждая царга собирается на специальном стенде. Верхняя царга укрупняется совместно с замыкающим кольцом. Перед монтажом конструкции покрытия устанавливаются стойки бака. Конструкции покрытия монтируют укрупненными блоками-секторами массой до 5 кг, состоящими из двух радикальных форм со связями.

Градирни – сооружения башенного типа конической и гиперболической формы, предназначенные для понижения температуры воды оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Башни градирен выполняют из сборных ж/б ребристых панелей и пространственными каркасными, состоящими из стоек-ферм горизонтальных ферм и диагональных раскосов, с обшивкой с внутренней стороны каркаса деревянными, алюминиевыми или асбестоцементными листами. Монтаж конструкций градирен выполняют наращиванием стреловыми кранами до исчерпания их грузовысотных характеристик, а затем – с помощью свободно стоящего или прислонного башенного крана, устанавливаемого в центре башни градирни, или с помощью передвижного башенного крана, перемещающегося по кольцевым путям снаружи башенного сооружения. Элементы градирни предварительно укрупняют в монтажные блоки с учетом грузоподъемности крана. Укрупненные блоки (панели) монтируют поярусно с временным креплением их расчалками и подкосами до замыкания контура и проектного закрепления всех блоков в ярусе.

Монтаж сооружений комплекса доменной печи. По расположению отдельных сооружений их назначению комплекс доменной печи разделяют на объекты центрального узла, находящиеся в непосредственной близости от доменной печи и связанные с ней, и

объекты внешнего комплекса, номенклатура и размещение которых зависят от конкретных условий как доменного цеха, так и металлургического завода в целом.

Центральный узел состоит из следующих основных сооружений: собственно доменной печи, литейного двора, блока воздухонагревателей с дымовой трубой, пылеуловителя, лифта для обслуживания персонала, устройства для подачи шихты на колосник печи (наклонный мост), пункта управления печью и воздухонагревателями, а при объеме печи 320⁰ м3 и больше – установок грануляции шлака с вытяжными трубами.

Объекты внешнего комплекса включают: бункерную эстакаду, скиповую яму, газоочистку, разливочные машины, ТЭЦ, паровоздуховную станцию (ПВС), тракты (галереи) подачи руды, кокса, агломерата, депо ремонта чугуновозных ковшей, междоусовые газо- и воздухопроводы, другие объекты вспомогательного назначения.

Главными особенностями, определяющими организацию и технологию монтажных работ на объектах комплекса доменной печи, являются: стесненность площадки; значительная высота объектов (около 100 м); преобладание толстолистовых (до 60 мм) конструкций с большей протяженностью сварных соединений и массой наплавленного металла; наличие близко расположенных действующих доменных печей и необходимость обеспечения на весь период строительства новой доменной печи нормальных условий эксплуатируемых печей.

Для эффективного монтажа сооружений центрального узла крупнообъемных доменных печей целесообразно применять краны наибольшей грузоподъемности. Масса монтажных блоков при этом достигает 140 т, что требует совместного применения мощных башенных кранов (БК-1000; БК-1425) и рельсовых кранов (СКР-3500; СКР-2600). Краны располагают с таким расчетом, чтобы каждый из них находился в непосредственной близости от монтируемых объектов, но по возможности вне их пределов, и обеспечивал монтаж конструкций одновременно на нескольких объектах.

При монтаже доменной печи длительное нахождение кранов в пределах литейного двора препятствует выполнению земляных работ, бетонированию водоводного и кабельного тоннелей и фундаментов под колонны рабочей площадки, а при их первоочередном возведении неизбежна значительная отсрочка начала монтажа стальных конструкций и последующих работ. Поэтому краны поднимают над землей, устанавливая их на специальные подкрановые балки, опирающиеся на ж/б фундаменты, а для скорейшего предоставления фронта работ по монтажу конструкций литейного двора краны своевременно переводят на заранее подготовленные пути за пределами литейного двора.

В зоне действия основных монтажных механизмов предусматривают площадки для укрупнительной сборки и сварки конструкций, так как сложно транспортировать крупногабаритные и массивные блоки при сборке их вне зоны действия монтажных кранов.

Работы по монтажу конструкций сооружений комплекса доменной печи вследствие большой металлоемкости выполняют несколько монтажных организаций, что требует четкого планирования взаимодействия между ними и применения полузлового метода организации и управления строительством комплекса.

Монтаж объектов центрального узла начинают с воздухонагревателей для создания фронта работ по огнеупорной укладке, так как ее выполнение требует 3-5 месяцев на каждом воздухонагревателе. Наиболее сложными по монтажу конструкций сооружений комплекса доменной печи являются кожух доменной печи, блок воздухонагревателей и галерея подачи шихты на колошник печи.

Рассмотрим пример монтажа центрального узла доменной печи объемом 3200 м³. Работу выполняют кранами СКР-2600 и БК-1000, расположенными соответственно со стороны правой и левой установок придоменной грануляции шлака. Периодически к монтажу конструкции центрального узла печи подключают кран башенно-стреловой СКГ-160, установленный со стороны здания фильтров. Пути кранов БК-1000 и СКР-2600 были предусмотрены на стальных подкрановых балках, опирающихся на ж/б фундаменты.

Укрупнительную сборку производили на приобъектных площадках № 1 (расположенной со стороны крана БК-1000), № 2 (со стороны крана СКР-2600) и № 3 (расположенной между путями кранов СКР-2600 и БК-1000).

Площадки № 1 и № 2 оборудуют козловыми кранами К-305, а площадку № 3 обслуживал кран СКГ-40. На площадке № 1 на стендах производили сборку и электрошлаковую сварку восьми монтажных блоков горна из скорлуп стали 16 Г2АФ-III толщиной 40 мм (каждый массой 24 т), которые затем монтируют краном БК-1000. Монтажные блоки ферменной зоны и купола печи укрупняют на стенде на площадке № 2. Сборку скорлуп осуществляют с помощью электрошлаковой сварки на стенде площадки № 1 и краном БК-1000 передавали на стену площадки № 3 на дальнейшее укрупнение и конусные царги с применением также электрошлаковой сварки. Кожух шахты печи из пяти блоков с наибольшей массой до 120 т монтировали рельсовым краном СКР-2600 (длина стрелы и крюка 46 и 31 м, грузоподъемность 130 т).

Опускные колодцы используют при устройстве заглубленных подземных помещений насосных станций, водозаборов, скиповых ям доменных печей, установок непрерывной разливки стали, подземных гаражей, в качестве массивных и заглубленных фундаментов для опор мостов, механических прессов и различных испытательных стендов.

Опускные колодцы классифицируются:

- *по материалу* – на железобетонные, бетонные, металлические, деревянные, каменные и кирпичные;
- *по форме колодца* (в плане) – на круглые, прямоугольные, квадратные и с закругленными торцевыми стенками.

По способам устройства стен опускные колодцы подразделяются на 3 группы:

- из монолитного ж/б;
- из сборных тонкостенных ж/б панелей;
- сборных ж/б пустотелых блоков.

Колодцы со стенами из монолитного ж/б рекомендуется применять, когда подземное помещение по технологическим требованиям имеет сложное очертание в плане; необходимо проходить скальные грунты или грунты с большим числом валунов и когда сборный опускной колодец конструктивно более сложно выполнить, чем монолитный.

Технология устройства опускного колодца состоит из следующих процессов:

- устройства основания под нож; изготовление ножа; устройство стен колодца;
- опускание колодца на проектную отметку;
- устройство днища колодца и гидроизоляционных работ.

Важным этапом процесса сооружения колодца является устройство основания под нож. Правильно выбранная схема опирания ножа колодца на грунт гарантирует сохранность колодца при снятии его с временных опор и равномерность погружения в грунт на первых метрах опускания.

Применяют **5 типов** основания под нож опускного колодца:

- на втопленной песчаной подушке и деревянных подкладках;
- на насыпной песчаной подушке и деревянных подкладках;
- на насыпной песчаной призме;
- в специально подготовленной траншее (котловане);
- на песчано-гравийной (щебеночной) призме и деревянных опорах-подмостях.

Деревянные подкладки укладывают на песчано-гравийную подушку с заглублением их на 0,5 диаметра подкладки. Высота подушки 50–70 см, ширина определяется длиной деревянных подкладок + 100 см. Обычная длина подкладок находится в пределах 2–3,5 м.

Основными требованиями, предъявляемыми к бетону опускных колодцев, помимо прочности являются: плотность и водонепроницаемость. Для стен и днища колодца применяют бетон М 200 и выше, водонепроницаемость В:4 и В: 6.

Стены колодца при бетонировании разбивают на ярусы, а ярусы – на блоки. Высоту яруса назначают в проекте производства работ, исходя из условий допустимого удельного давления на грунт под ножевой частью колодца, а также работы кранов. Колодцы высотой до 10 м бетонируют в один ярус. Более высокие бетонируют в несколько ярусов, принимая высоту яруса 6 – 8 м. Бетонирование каждого последующего яруса допускается только после набора бетоном прочности 1,2 – 1,5 МПа. Стены и днища колодцев гидроизолируют, чем исключается попадание воды внутрь колодца и предохраняют бетон стен и днища от агрессивного воздействия грунтовых вод.

Основные типы гидроизоляции:

- покраска битумно-бензиновым раствором;
- оклеечная;
- металлическая гидроизоляция;
- литая асфальтобитумная.

Колодцы погружают в грунт под действием собственного веса. В настоящее время применяют два способа опускания колодца: насухо, с водоотливом или с искусственным водопонижением уровня грунтовых вод; без водоотлива, с разработкой грунта под водой.

При опускании колодцев насухо используют *три* схемы разработки и выдачи грунта из колодцев.

По первой схеме грунт в колодце разрабатывают экскаваторами или бульдозерами и на поверхность выдают кранами в бадьях.

Вторая схема предусматривает разработку грунта в колодце грейдерами.

По третьей схеме используют гидромеханический способ, состоящий из *трех* подсхем:

- грунт разрабатывают гидромониторами и транспортируют на поверхность землесосными снарядами или углесосами;
- разработку грунта ведут гидромониторами, а на поверхность выдают гидроэлеваторами;
- грунт разрабатывают экскаваторами, а на поверхность выдают средствами гидромеханизации.

Способ опускания колодцев определяется в проекте производства работ, в зависимости от гидрогеологических условий стройплощадки и местных условий строительства. При сооружении опускных колодцев могут происходить перекосы и зависание их, самопроизвольное опускание. В таких случаях перекосы исправляют следующими способами:

- опережающей и более интенсивной разработки грунта под ножевой частью колодца, менее заглубленной в грунт;
- дополнительной пригрузки того участка стены колодца, который менее заглублен в грунт;
- размыва грунта гидроиглой.

Самопроизвольное опускание колодца останавливают путем установки под наклонную грань специальных фигурных ж/б блоков или фундаментных блоков. Зависание колодцев исправляют теми же способами, что и перекосы.

IV. Возведение заглубленных емкостных и природоохранных сооружений

Строительство заглубленных в грунт сооружений осуществляется в сложных геологических, гидрогеологических и гидрологических условиях. К этим сооружениям

относятся сооружения по забору, перекачке и хранению воды, а также по очистке, обеззараживанию и перекачке сточных вод.

Способы строительства заглубленных сооружений:

- в открытых котлованах;
- опускные;
- «стена в грунте».

Первый способ является традиционным и наиболее распространенным. Его сущность состоит в том, что до начала строительства заглубленного сооружения оно разрабатывается в плане с необходимыми размерами, указывается глубина котлована с откосами, крутизна которых устанавливается в зависимости от свойств грунта и уровня залегания грунтовых вод такой, чтобы была обеспечена устойчивость откосов.

Строительство заглубленных сооружений в открытых котлованах, как правило, осуществляется в скальных, песчано-гравелистых, галечных и валунных грунтах. В песчаных и глинистых грунтах применение этого способа целесообразно в следующих случаях:

- а) в песчаных водонасыщенных грунтах – до глубины 6 – 7 м;
- б) в песчаных грунтах естественной влажности до глубины 10 – 11 м;
- в) в водонасыщенных глинистых грунтах – до глубины 10 – 12 м;
- г) в глинистых грунтах естественной влажности – до 13 – 16 м.

Сооружения, возводимые в открытом котловане, унифицированы по размерам в плане. Строительство их осуществляется из монолитного (до 55– 60%) и сборного ж/б. В зависимости от конструктивной схемы, инженерно-геологических условий и размеров сооружений толщина наружных ж/б стен этих сооружений при монолитном исполнении изменяется от 0,4 до 1,5 м, а при сборном – от 0,24 до 0,8 м.

Разработка грунта в котлованах в зависимости от объема подлежащего выемке грунта и наличия свободных площадок производится по следующим схемам:

- грунт разрабатывается экскаватором в отвал с дальнейшим перемещением бульдозером;
- при глубоких котлованах разработка грунта ведется в два яруса и более;

- при влажных и мокрых грунтах предпочтительнее применение драглайна или обратной лопаты;

- в сухих – использование всех типов навесного оборудования экскаваторов.

Для возведения монолитных стен сооружений рекомендуется применять армо-опалубочные блоки. Сборные ж/б конструкции монтируют с помощью башенных, козловых или мобильных кранов на гусеничном или пневмоколесном ходу, в зависимости от размеров сооружения в плане, массы конструкций, глубины котлована и конкретных местных условий строительной площадки.

После возведения сооружений производят гидроизоляционные работы и обратную засыпку пазух между возведенным сооружением и откосами котлована, а также въездов и выездов. Для обеспечения механизированной засыпки и уплотнения грунта в пазухах разрешается увеличивать размеры котлованов в пределах, дающих возможность максимальной механизации процессов земляных работ. **Общие сведения о возведении**

зданий из сборных конструкций

а) Строительно-конструктивные решения полносборных

жилых и общественных зданий

Сборные здания по конструктивным признакам подразделяются на крупнопанельные, каркасные, крупноблочные и объемно-блочные. По конструктивной схеме современные крупнопанельные здания могут быть разбиты на 4 группы : с малым, большим и смешанным шагом поперечных несущих стен и с продольными несущими стенами.

В зданиях с поперечными несущими стенами наружные стены могут быть несущими, самонесущими и навесными.

Каркасные здания по конструктивному исполнению бывают с балочными и безбалочными конструкциями перекрытий, а также с этажом в межферменном пространстве. Две последние схемы применяются в промышленных зданиях. Расположение ригелей в каркасах балочной конструкции может быть продольным или поперечным. Панели наружных стен в этих зданиях бывают самонесущими или навесными. Здания объемно-блочной конструкции подразделяются на 3 основных конструктивных схемы:

- **панельно-блочная** – сочетание несущих объемных блоков с плоскими панелями перекрытий и навесными или самонесущими панелями наружных стен;

- **каркасно-блочная** – сочетание несущих блок-комнат с несущим каркасом. В домах такой конструкции все нагрузки воспринимает ж/б каркас, блок-комнаты опираются на поперечные или продольные ригели;

- **объемно-блочная** – сплошная расстановка объемных элементов без применения плоских конструкций. Основной конструктивной системой жилых домов является крупнопанельная, а общественных и административных бытовых зданий – каркасная.

По этажности здания делятся на малоэтажные (1-2 этажа), среднеэтажные (3-5 этажей), многоэтажные (6-12 этажей), повышенной этажности (12 и более этажей) и высотные (25 этажей и более).

Протяженность и конфигурация зданий в плане может быть различной в зависимости от состояния типов блок-секций их количества.

Основные типы блок-секций:

- рядовые;
- торцевые;
- рядовые с торцевыми окончаниями;
- угловые;
- поворотные под углом 90° и 135°.

б) Строительно-конструктивные решения сборных

производственных зданий

Производственные здания по архитектурно-конструктивным признакам бывают ***одноэтажные, многоэтажные и смешанной этажности.***

В одноэтажных зданиях обычно располагаются предприятия, характеризующиеся тяжелым и громоздким оборудованием, крупногабаритными изделиями и значительными динамическими нагрузками.

В одноэтажных производственных зданиях применяется укрупненная сетка колонн (12х6; 18х6; 12х12; 18х12; 24х12; 30х12; 36х12 м), которая позволяет более гибко организовать технологический процесс, свободно размещать оборудование и изменять без коренной реконструкции зданий технологические процессы при возведении новой техники и технологии.

Применение в строительстве ж/б и армоцементных оболочек, стальных и алюминиевых ферм, пространственных и висячих систем и других высокопрочных облегченных конструкций покрытий позволяет строить большепролетные здания с шириной пролетов в 36, 42, 60 м и более.

В одноэтажных производственных зданиях применяют ж/б, стальные и смешанные каркасы, а в отдельных случаях может быть применен и неполный каркас с несущими каменными стенами.

Типовое решение одноэтажных зданий состоит из поперечных рам, в которых соединение ригелей и колонн осуществляется шарнирно. Шарнирное соединение колонн и ригелей конструктивно проще жесткого, что облегчает изготовление и монтаж.

Многоэтажные производственные здания по своей конструктивной схеме в большинстве случаев представляют собой каркасные здания и проектируются обычно из сборного ж/б. Эти здания строят с полным (неполным) сборным ж/б каркасом и самонесущими (несущими) или навесными стенами. Каркас состоит из вертикальных стоек (колонн), соединенных жестко с балками (ригелями) междуэтажных перекрытий и покрытий. В совокупности они образуют поперечную многоярусную раму, жестко заземленную в фундаментах. В продольном направлении поперечные рамы связывают настилом перекрытий и покрытий, образующих жесткие диафрагмы. Унифицированными габаритными схемами предусмотрены двух-, трех- и многопролетные здания с одной высотой по длине не более шести этажей, с сеткой колонн 6х6, 9х6, 12х6, 12х12 м. Одноэтажные здания могут быть сблокированы с многоэтажными.

Для верхних этажей с подвесным подъемно-транспортным оборудованием грузоподъемностью до 5 т или мостовыми кранами грузоподъемностью до 10 т применяют пролет длиной до 24 м. Высота этажей может быть 3,6; 4,8; 6,0; 7,2; 10,8 м. Высоту 7,2 м применяют для первого и верхнего этажей, высоту 10,8 – только для верхнего этажа.

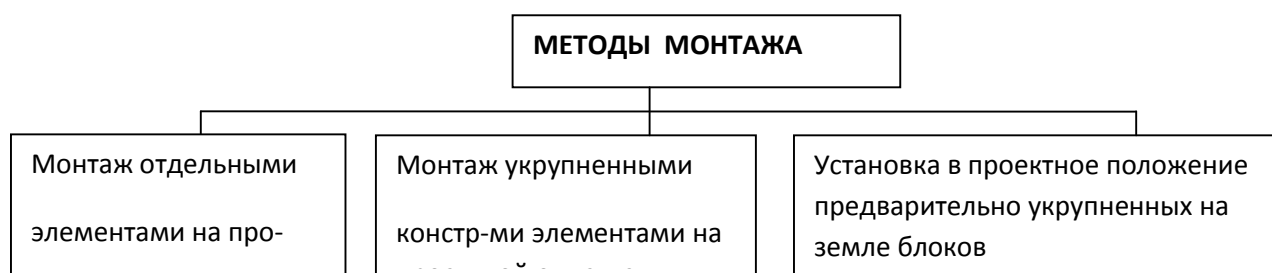
Каркас многоэтажных зданий выполняется из унифицированных конструкций и состоит из колонн прямоугольного сечения (0,4х0,4 и 0,4х0,6 м), ригелей прямоугольного сечения или с опорными полками и коробчатыми настилами. Колонны с консолями для

опоры ригелей изготавливают высотой в один, два, три этажа. Стыки колонн выполняют с помощью сварки выпусков арматуры с последующим замоноличиванием, стыки располагают на 0,6 м выше уровня пола.

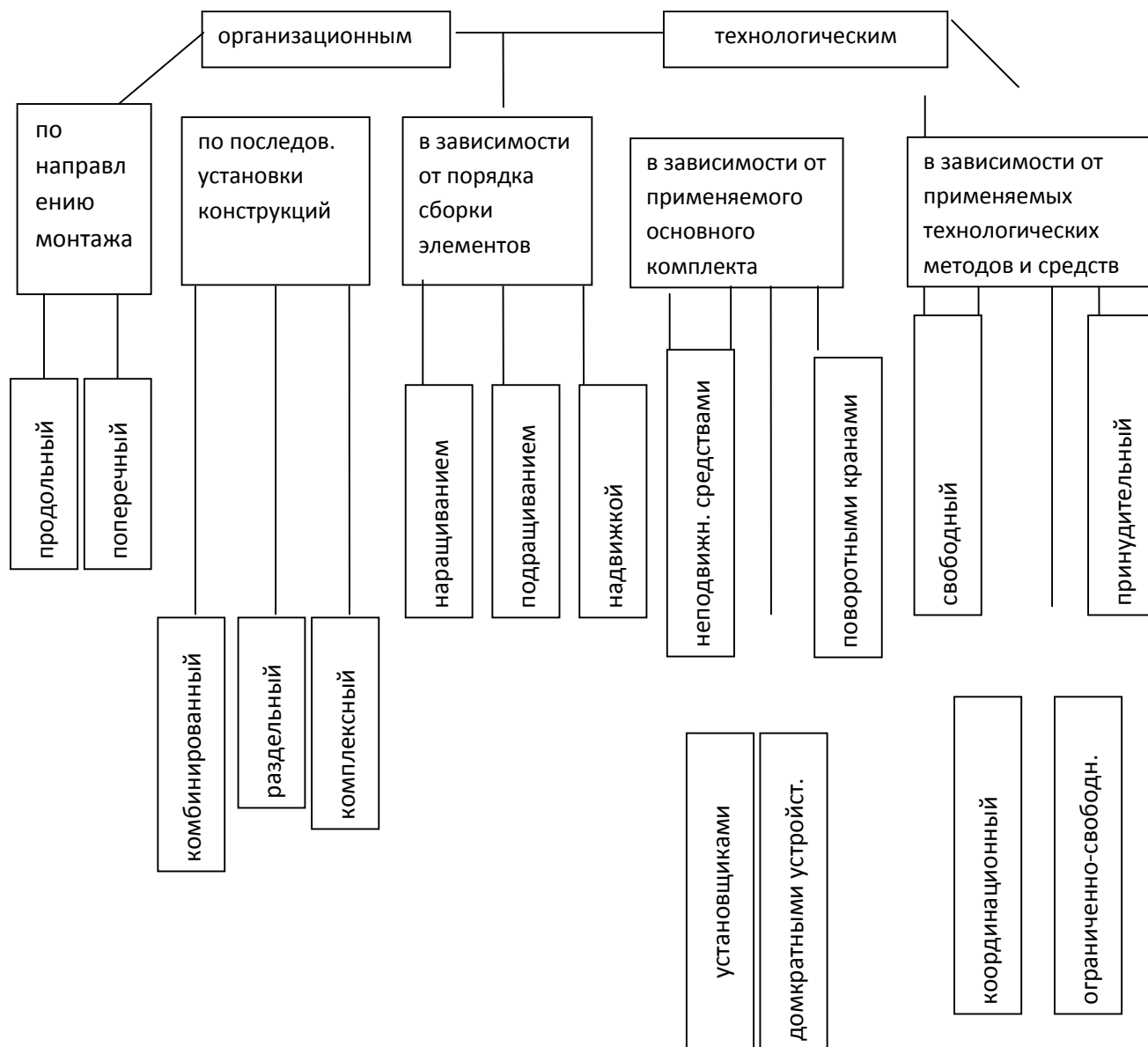
Применять стальные каркасы в многоэтажных зданиях допускается под оборудование с полезной нагрузкой на перекрытия, превышающей 30, 15 и 10 кН/м² при сетке колонн соответственно 6х6, 6х9 и 6х12 м.

2. Классификация методов возведения зданий

Методы монтажа сборных конструкций выбираются с учетом объема монтажных работ, объемно-планировочных и конструктивных решений здания, сроков монтажа, имеющегося парка монтажных механизмов. Методы монтажа сборных конструкций различаются в зависимости от применяемого подъемно-монтажного оборудования, степени укрупнения поступивших на строительную площадку сборных элементов; последовательности установки их в проектное положение; направления монтажа и движения крана; способов наведения и установки элементов на нижележащие опорные конструкции. Во всех случаях применение тех или иных методов должно обеспечивать точность установки конструкций, устойчивость здания и его частей в процессе монтажа и безопасные способы производства работ. Классификация методов монтажа строительных конструкций промышленных и гражданских зданий (см. рис.).



Классификация по признакам



Выбор монтажных машин и технологической оснастки производится после определения методов производства монтажных работ и способов установки конструкций в проектное положение. Для чего составляют различные варианты механизации работ и устанавливают по минимальным требуемым параметрам техническую возможность использования крана данного типоразмера, затем по технико-экономическим показателям определяют наилучший вариант механизации работ.

Исходными данными при выборе монтажных кранов, кроме методов и технологии монтажа являются: габариты и конфигурация зданий и сооружений; параметры и расположение в здании монтируемых конструкций (масса, габариты, оснастка); условия производства (степень сосредоточенности возводимых сооружений на площадке, грунтово-климатические факторы, конструктивные особенности подземной части).

Следует выбирать также краны, которые по своим параметрам и степени охвата монтируемых конструкций по грузоподъемности и производительности соответствовали бы возводимым сооружениям.

При определении схемы движения монтажных кранов и их стоянок при любом методе монтажа необходимо стремиться к уменьшению длины пути передвижения крана и числа стоянок. Обязательным условием является соблюдение технологической последовательности установки конструкций, обеспечивающей устойчивость смонтированных элементов.

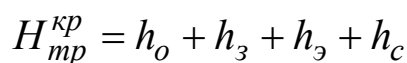
Устанавливая технические параметры монтажных кранов (грузоподъемность, высоту подъема крюка, вылет стрелы), если они не полностью соответствуют условиям монтажа, следует рассмотреть базовые модели и их модификации со всеми типами рабочего оборудования, подъемными и балочными стрелами, башенно-стреловым оборудованием.

Грузоподъемность крана определяется из условия обеспечения монтажа наиболее тяжелых элементов с учетом массы оснастки и строповочных устройств:

$$Q_{кр} = m_{э} + m_o + m_c = \frac{M_{эп}}{\ell_{стр}},$$

где $m_{э}$ – масса монтируемого элемента, кг; m_o – масса оснастки, устанавливаемой на конструкциях до их подъема, кг; m_c – масса строповочных устройств, кг; $M_{гр}$ – грузовой момент, кг·м; $\ell_{стр}$ – вылет стрелы, требуемый для установки данного элемента, м.

Определение высоты подъема крюка башенного крана


$$\ell_{kp} = \frac{a}{2} + b + c,$$

Расстояние от оси вращения крана до ближайшей выступающей части здания должно быть на 0,7 м больше радиуса габарита нижней части крана и на 0,5 м больше радиуса габарита его верхней части. В случае установки башенного крана при возведении подземной части здания:

$$e = H_k \cdot \operatorname{ctg} \varphi + 1,$$

где H_k – глубина котлована, м; φ – угол естественного откоса грунта.

Грузовой момент крана: $M_{cp} = P_m \cdot \ell_{стр}$; $P_m = m_{э} + m_o + m_c$,

где P_m – монтажная масса элемента, т.

Монтажные и захватные приспособления

Их выбор производится в тесной увязке с решением вопросов о способах установки отдельных элементов конструкций и методах производства монтажных работ с учетом всех габаритов монтируемых элементов с целью максимального использования грузоподъемности монтажных кранов. Для строповки сборных элементов промышленных и гражданских зданий применяются универсальные и специальные канатные стропы с крюками, а также пальцевые, Рамочные, вилочные, фрикционные захваты и петли-подхваты.

Стандартом предусмотрены следующие типы канатных стропов:

1СК – одноветвевые; 2СК – двухветвевые ; 3СК – трехветвевые; 4СК – четырехветвевые; СКП – двухпетлевые; СКК – кольцевые.

Наряду с унифицированными стропами общего назначения применяются специальные стропы, рассчитанные на определенную номенклатуру изделий и схемы строповки. Для подъема плит перекрытий, имеющих шесть точек подвеса, применяются специальные стропы, рассчитанные на определенную номенклатуру изделий и схемы строповки. Для подъема плит перекрытий, имеющих шесть точек подвеса, применяются балансирные стропы с блоками, обеспечивающими равномерное натяжение ветвей стропов.

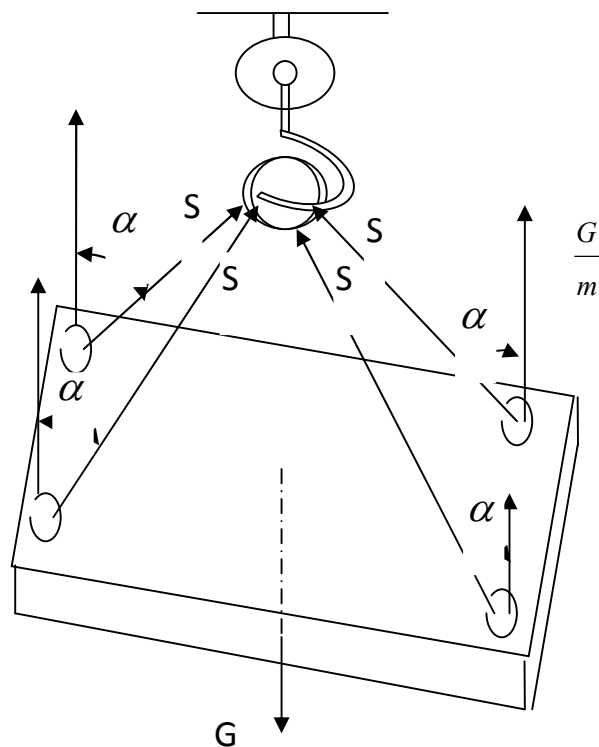


Схема усилий в ветвях стропа

Усилие в каждой ветви стропа определяется по формуле:

$$S = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{G}{m} = k \cdot \frac{G}{m} \cdot K_n ,$$

где α – угол наклона стропа к вертикали; G – масса поднимаемого элемента, т; m – количество ветвей стропа; $k = \frac{1}{\cos \alpha}$ – коэффициент, зависящий от угла наклона стропа.

Угол наклона α , град.: 0 30 45 60

Коэффициент k : 1 1,5 1,82 2.

K_n – коэффициент неравномерности нагрузки на ветви стропа (при $m=1,33$).

С увеличением угла α увеличиваются усилия в ветвях стропа, что может вызвать разрыв или выдергивание монтажных петель, а также увеличение сжимающих усилий в поднимаемом элементе, поэтому величину угла α рекомендуется принимать не более 45° . Наибольший груз, который может быть поднят всем стропом, определяется по формуле:

$$G_{\max} < \frac{S_p}{K}.$$

Расчетное усилие S_p в каждой ветви стропа из стальных канатов принимается с шестикратным запасом прочности $S_p = 6S_n$.

Для монтажных работ чаще всего применяют стропы из стальных канатов $\varnothing$ от 12 до 30 мм. При изготовлении стропов более чем с тремя ветвями следует соблюдать их равенство по длине, иначе нагрузка в ветвях окажется неравномерной.

Строповка колонн, имеющих консоли, производится рамочными захватами. Петли-подхваты применяются для строповки плоских плит перекрытий крупнопанельных зданий, имеющих строповочные отверстия. Вилочные захваты применяются для подъема ж/б лестничных маршей, в том числе объединенных с полуплощадками.

Для строповки подкрановых балок таврового сечения применяют траверсы с захватками лапами или облегченными стропами. Строповку тяжелых балок и ригелей осуществляют с помощью балансирной траверсы посредством двух хомутов и четырех ветвей стропа. Подъем других видов балок производят универсальными стропами в обхват, двухветвевыми стропами или траверсами за петли или через отверстия, имеющиеся в теле бетона конструкций.

Строповку ферм покрытий осуществляют с помощью решетчатых или блочных траверс универсальными стропами, стропами с полуавтоматическими или электрическими захватными устройствами.

Подъем плит перекрытий или покрытий производят четырехветвевыми стропами, либо траверсами за петли. Крупноразмерные плиты стропуются трехтраверсными и трехблочными захватными приспособлениями с увеличенным числом точек подвеса.

Строповку стеновых ж/б панелей, находящихся в вертикальном положении, обычно выполняют двухветвевыми стропами или траверсами.

Расчет состава ведущих машин

Потребность монтажных кранов определяют в зависимости от объемов работ и их эксплуатационной производительности. Эксплуатационная производительность ведущей машины (монтажного) крана в смену составляет:

$$П_{э.в.} = \sum n_i g_i t K_{\epsilon} = \sum \epsilon_i \frac{60}{t_{\epsilon i}} \cdot t_c K_{\epsilon};$$

где n_i – количество циклов крана в час работы при установке конструкций данного вида; ϵ_i – количество элементов, монтируемых краном за один цикл; K_{ϵ} – коэффициент использования крана во времени в течение смены, учитывающий технологические и организационные перерывы в работе крана; $t_{\epsilon i}$ – продолжительность цикла крана при установке конструкций данного вида, мин.; t_c – продолжительность смены, ч.

Коэффициент использования крана во времени в течение смены можно определить по формуле:

$$K_{\epsilon} = K_{\epsilon \cdot T} \cdot K_{\epsilon \cdot o},$$

где $K_{\epsilon \cdot T}$ – коэффициент, учитывающий технологические перерывы в работе в течение смены; $K_{\epsilon \cdot o}$ – коэффициент, учитывающий организационные перерывы в течение смены, которые определяются по формулам:

$$K_{\epsilon \cdot T} = \frac{(t - t_{T \cdot n})}{t}; \quad K_{\epsilon \cdot o} = \frac{(t - t_{o \cdot n})}{t};$$

где $t_{T \cdot n}$ – продолжительность технологических перерывов в работе крана в течение смены; $t_{o \cdot n}$ – продолжительность организационных перерывов в течение смены.

Необходимое количество кранов из условия монтажа разных сборных элементов определяется по формуле:

$$m_K = \sum \frac{P_{ci}}{K П_{эBi}},$$

где P_{ci} – количество сборных элементов данного вида, подлежащих монтажу в смену; K – коэффициент перевыполнения норм; $П_{эBi}$ – эксплуатационная производительность монтажного крана при монтаже конструкций данного вида.

Расчет потребности в транспортных средствах

Необходимое количество автотранспортных средств при монтаже сборных конструкций с транспортных средств определяется по формуле:

$$m_T = \frac{\Pi_{\text{эВ}}}{\Pi_{\text{эТ}}} ,$$

где m_T – количество транспортных машин; $\Pi_{\text{эТ}}$ – эксплуатационная производительность транспортной машины в смену.

Условия неразрывности работы крана и транспортных машин:

$$m_T = \frac{t_T}{t_M} ,$$

где t_T – продолжительность транспортного цикла; t_M – продолжительность монтажного цикла.

$$t_T = t_n + \frac{120\ell}{V} + t_{MO} ,$$

где t_n – время погрузки всех элементов на подвижной состав с учетом маневров на месте погрузки, ч; ℓ – расстояние перевозки, км; V – средняя скорость движения транспортных средств, км/ч; t_{MO} – время ожидания и маневров в зоне монтажного крана, ч.

$$t_M = N \cdot H_{\text{эп}} ,$$

где N – количество элементов, доставленных на одной машине; $H_{\text{эп}}$ – норма времени работы крана на установку одного элемента.

В случае перевозки конструкций сменными транспортными средствами (челночная схема) потребное количество автотягачей определяется по формуле:

$$m_K t_c K_{\text{вк}} K_{\text{ок}} = t_T \cdot n_{\text{тн}} ,$$

Отсюда необходимое количество транспортных циклов автотягача:

$$n_{\text{тн}} = \frac{m_K t_c K_{\text{вк}} K_{\text{ок}}}{t_T} ,$$

где m_K – количество обслуживаемых кранов; t_c – продолжительность работы кранов; $K_{\text{вк}}$ – коэффициент использования времени работы кранов в течение смены; $K_{\text{ок}}$ – коэффициент организационных перерывов в работе кранов, возникающих вследствие

невозможности полного согласования работы машин в комплекте; t_T – продолжительность транспортного цикла автотягача.

Продолжительность транспортного цикла тягача:

$$t_T = t_{cn} + \frac{60 \cdot 2\ell}{V} + t_3 = t_{cn} + \frac{120\ell}{V} + t_3 ,$$

где t_{cn} – время смены прицепов на стройке с учетом ожиданий и маневров, мин; t_3 – время смены прицепов на заводе, мин.

Возможное количество циклов автотягача в смену:

$$n_{T.B} = t_c K_v \cdot \frac{K_{OT}}{t_T} ,$$

где K_v – коэффициент использования времени работы автотягача в течение смены; K_{OT} – коэффициент организационных перерывов в работе автотягачей.

Потребное количество автотягачей для обеспечения непрерывной работы кранов при челночном способе перевозки определяется по формуле:

$$m_T = \frac{n_{Tn}}{nT_B} .$$

Выверка и временное крепление конструкций

В процессе производства монтажных работ особое внимание должно быть обращено на соблюдение требуемой технологической последовательности установки конструкций: выверки, временных и постоянных связей и их надежное крепление. Монтаж каждого вышележащего яруса конструкций (колонн, ригелей, плит перекрытий и покрытий, подкрановых балок, балок покрытий, ферм) можно начинать только после окончательного закрепления элементов нижележащего яруса и после достижения бетоном в стыках несущих конструкций 70 % проектной прочности.

Установленную в стакан фундамента колонну выверяют и временно закрепляют с помощью клиньев, разводных клиньев, клиновых вкладышей, расчалок или подкосов, отдельных одиночных или пространственных кондукторов. Ж\Б колонны высотой до 12 м обычно временно закрепляют с помощью бетонных, железобетонных, стальных или

дубовых клиньев. При этом бетонные или ж/б клинья целесообразно оставлять в фундаментах стаканов.

Тяжелые колонны большой длины для устойчивости, кроме клиньев, необходимо укреплять расчалками или жесткими подкосами. Для обеспечения устойчивости составных сборных ж/б колонн верхние элементы временно крепят к нижним монтажной сваркой, также сваривают арматурные выпуски или накладки, расположенные по углам колонны, и после этого производят расстроповку элемента.

Временное крепление и выверку колонн многоэтажных зданий осуществляют с помощью одиночных и групповых кондукторов. Причем для временного крепления и выверки колонн, стыкуемых выше перекрытий, с полуавтоматической сваркой арматуры применяют одиночный кондуктор, а стыковку колонн на уровне перекрытий осуществляют с помощью кондукторов, устанавливаемых и закрепляемых на перекрытиях.

Количество одиночных кондукторов для временного закрепления колонн на захватке определяется по формуле:

$$n_k = N \cdot \frac{t_k}{t_3}, \quad (1)$$

где N – количество конструкций, монтируемых на захватке; t_k – продолжительность цикла кондуктора, ч; t_3 – продолжительность работ на захватке, ч.

Продолжительность цикла кондуктора для временного закрепления колонн в стаканах фундаментов определяется из выражения:

$$t_k = t_y + t_{y.k} + t_o + t_{\delta} + t_{T.\delta} + t_{p.n}, \quad (2)$$

где t_y – продолжительность установки кондуктора; $t_{y.k}$ – продолжительность установки конструкции в кондукторе; t_o – продолжительность ожидания технологических процессов, выполняемых в следующую смену; t_{δ} – продолжительность бетонирования стыка; $t_{T.\delta}$ – продолжительность твердения бетона в стыке; $t_{p.n}$ – продолжительность разборки и перестановки кондуктора.

Продолжительность цикла кондуктора для временного закрепления отдельных колонн многоэтажных зданий, ч, определяется по следующей формуле:

$$t = t_y + t_{y.k} + t_o + t_c + t_{p.n}, \quad (3)$$

где t_c – продолжительность сварки стыковых соединений.

Временное крепление и выверка ферм и балок производится следующим образом. При монтаже оси железобетонных ферм необходимо совместить с рисками на колоннах и закрепить на анкерных болтах, при этом первую ферму крепят расчалками, привязывая смежные с коньком узлы верхнего пояса к неподвижным частям сооружения или к специальным якорям. Последующие фермы скрепляют по коньку инвентарной винтовой распоркой с ранее установленными распорками в узлах примыкания раскосов к верхнему поясу.

Для временного крепления и выверки стропильных ферм с шагом 6 или 12 м может быть применен также кондуктор-распорка.

Ж/б балки при отношении их высоты к ширине до 4:1 укладывают на горизонтальные опоры без временного крепления; при большем отношении высоты к ширине монтируемые балки скрепляют распорками и стяжками с другими прочно устанавливаемыми конструкциями.

Сварка монтажных соединений и противокоррозийная защита закладных деталей и сварных соединений производятся в завершающий период производства монтажных работ.

Сварка монтажных соединений производится либо на стендах в процессе укрупнительной сборки конструкций, либо в проектном положении. При этом для сварки закладных деталей в зависимости от пространственного положения стержней и швов, диаметра свариваемых стержней и типа соединений может применяться: полуавтоматическая ванная (стыковые вертикальные и горизонтальные соединения), ручная ванная (стыковые горизонтальные соединения), полуавтоматическая дуговая и ручная дуговая сварка. Сварка ванным способом отличается высокой прочностью и экономным расходом металла. Она также эффективнее по затратам труда и стоимости работ.

Сборные ж/б конструкции на строительную площадку обычно поставляются с закладными деталями и выпусками арматурных стержней, с защищенным противокоррозийным покрытием на заводах.

В условиях строительной площадки защитные покрытия наносят лишь на сварные швы и на отдельные места покрытий закладных деталей, поврежденные при сварке, а также доводят толщину защитного покрытия до проектной величины. Противокоррозийную защиту металлических соединений сборных ж/б конструкций производят обычно нанесением на закладные детали, соединения арматуры и детали

крепления металлизационных полимерных или комбинированных покрытий (металлизационно-полимерных или металлизационно-лакокрасочных).

1. Возведение крупнопанельных зданий

В основу конструкции крупнопанельного бескаркасного здания положены принципы совместной пространственной работы всех элементов совмещения в конструкциях несущих стен и ограждающих функций. Эти здания отличаются небольшим числом типоразмеров элементов и простотой монтажа.

До начала монтажных работ должны быть закончены земляные работы в котловане и уложены подземные коммуникации.

Монтаж сборных элементов крупнопанельных зданий ведут по захваткам, в каждую из которых включают одну или две секции, что обеспечивает непрерывность и равномерность процессов, т.е. поточность производства.

Сборные элементы здания в монтажную зону могут подаваться либо непосредственно с транспортных средств, либо с приобъектного склада, расположенного в зоне действия монтажного крана, против соответствующих захваток.

Сборные элементы здания (фундаменты, стены подвала) и другие части здания могут монтироваться как башенными, так и автомобильными и самоходными стреловыми кранами. Стоимость монтажа подземной части здания с помощью кранов на рельсовом ходу обычно меньше стоимости монтажа стреловыми кранами на гусеничном или пневмоколесном ходу.

Последовательность монтажа крупнопанельных зданий определяется в зависимости от конструктивных особенностей, устойчивости смонтированных элементов и частей зданий, удобств и безопасности монтажа. При монтаже крупнопанельных зданий следует придерживаться следующих принципов: сборные элементы необходимо устанавливать в проектное положение замкнутыми ячейками путем примыкания каждой последующей панели к ранее смонтированной и соединением их электросваркой; монтаж следует начинать, образуя маячные (базовые ячейки), к которым относятся внешние углы и лестничные клетки зданий.

Обычно монтаж начинают с внешних углов здания, так как после установки первых двух панелей наружных стен (поперечной и продольной) создается жесткий узел,

обеспечивающий пространственную неизменяемость конструкций. Монтаж сборных элементов рекомендуется вести «на кран», т. е. начинать монтаж с более удаленной от крана панели, что обеспечивает визуальную связь крановщика с местом установки последующих элементов. При наличии двух строительных кранов монтаж следует начинать с внешних углов здания, ближайших к каждому крану.

2. Возведение крупноблочных и панельно-блочных зданий

Крупноблочная схема в зданиях обеспечивается степенью их заводской готовности, поскольку все операции по изготовлению, комплектации, оснащению сантехническим и инженерным оборудованием, наружной и внутренней отделке блоков осуществляется в заводских условиях. На строительной площадке выполняется лишь монтаж блоков, соединение трубопроводов и заделка стыков, что составляет 15-20 % общих трудозатрат на здание.

Панельно-блочная схема зданий предусматривает сочетание несущих объемных блоков, расставляемых на различных расстояниях друг от друга, и плоских панелей перекрытий и стен, замыкающих свободные пространства между блоками.

Процесс возведения блочных и панельно-блочных зданий существенно отличается от возведения зданий традиционных конструкций. Вследствие устойчивости блоков отсутствуют составляющие процессы временного закрепления, выверки и доведения их до проектного положения после установки на перекрытие. Здание в процессе монтажа делят на захватки. Последовательность монтажа блоков зависит от особенностей конструктивных решений, соединений блоков с плоскими элементами, а также от типа используемого монтажного крана и его параметров.

Строповку и подъем блоков осуществляют при помощи пространственной балансирной траверсы, а транспортировку блоков на строительную площадку – посредством трейлеров или автоприцепов. Монтаж блоков ведется с транспортных средств.

3. Возведение каркасно-панельных зданий

Каркасно-панельные системы по способу обеспечения пространственной жесткости подразделяются на рамные, рамно-связевые и связевые; по схеме расположения рам каркаса – на системы с пространственными и плоскими (Продольными или поперечными) рамами; по типу горизонтальных несущих конструкций – на ригельные, безригельные, с горизонтальными несущими элементами высотой в этаж.

Последовательность монтажа: колонны–ригели–диафрагмы жесткости–распорка–плиты перекрытия–лестничные марши–наружные ограждения. В зависимости от массы элементов, габаритных размеров здания и конкретных условий строительства монтажные краны могут располагаться с одной или обеих сторон монтируемого здания. Монтаж здания обычно ведется по захваткам поярусно. В пределах каждого яруса, равного по высоте двум этажам каркасно-панельного здания, монтаж сборных элементов начинают с наиболее жесткой ячейки. В большинстве случаев такой ячейкой является лестничная клетка, пространственная жесткость которой обеспечивает неизменяемость монтируемых конструкций, причем эта же лестничная клетка в дальнейшем служит для перехода с этажа на этаж.

Монтаж производится башенными и самоходными стреловыми кранами. Схемы расстановки: краны устанавливаются с двух сторон; с одной стороны и в пределах поперечного сечения. Для монтажа каркаса многоэтажных зданий применяют специальные катучие краны, а при высоте в 25 этажей и более – приставные краны, закрепляемые в нескольких ярусах к несущим конструкциям здания.

4. Возведение зданий из объемных элементов

Сущность возведения выражается в резком укрупнении и обеспечении наибольшей степени заводской готовности монтажного элемента здания, представляющего собой законченную единицу в виде замкнутой пространственной конструкции, обладающей необходимой прочностью, жесткостью, самоустойчивостью.

Монтаж объемных блоков состоит из процессов установки их в проектное положение и устройства между ними связей. Цикл установки блоков состоит из следующих операций: подачи траверсы на блок; строповки; подачи блока к месту установки; наведения блока над местом установки; ориентирования и установки блока в проектное положение; проверки положения блока и расстроповки.

Здание в процессе монтажа делят на захватки. Последовательность установки блоков зависит от особенностей конструктивных решений: способа размещения коммуникаций на объемном блоке и их стыковки, от типов монтажных кранов и их параметров. Параллельно с монтажом объемных блоков на разных захватках заделывают стыки с навесных подмостей, соединяют санитарно-технические и электротехнические коммуникации.

5. Возведение зданий с покрытиями в виде оболочек и складок

Покрытия в виде оболочек и складок из сборных ж/б элементов позволяют перекрывать большие площади без промежуточных опор при минимальной затрате материальных ресурсов.

Особое распространение имеют цилиндрические оболочки, которые значительно экономичнее плоских плит покрытия. В настоящее время в строительстве чаще всего используются следующие типы оболочек: длинные цилиндрические оболочки размером 3х12 м для сеток колонн 24х12 м; короткие цилиндрические оболочки размером 3х12; 3х18 и 3х24, перекрывающие пролет здания; оболочки двоякой положительной кривизны.

Длинные цилиндрические оболочки собирают из плит двух типов: средних и торцевых бортовых элементов. Монтаж оболочки начинают с установки на колонны бортовых элементов, которые крепят к колоннам электросваркой. До установки плит на бортовые элементы (при ширине пролета в 24 м) их в четвертях опирают на временные опоры с домкратами. Монтаж панелей начинают с торцевой панели, при этом затяжка плиты приваривается к оголовку колонны, а сама плита – к бортовому элементу. Затем устанавливают и приваривают четыре рядовые плиты, после – торцевую плиту с затяжкой. Потом после окончательной сварки стыков, замоноличивания всех швов и выдержки бетона бортовые элементы раскружаливают.

Монтаж производят обычно гусеничным краном соответствующей грузоподъемности, стропуя панели траверсой за четыре петли. Раскружаливание оболочки производят после достижения бетоном в угловых зонах и швах между плитами 70 % прочности.

Раскружаливание – это опускание винтовых или гидравлических домкратов, подкладываемых под стойки подмостей или опор кондуктора.

Монтаж оболочки двоякой кривизны **выполняют:**

гусеничным краном устанавливают на колоннах контурные арки. Для установки плит скорлупы выставляют подмости или кондукторы. Затем башенным или гусеничным краном с башенно-стреловым оборудованием монтируют плиту покрытия, каждый угол которой должен быть оперт на подмости или кондуктор. Угол оболочки заполняют треугольными плитами в швы, между которыми закладывают арматуру, которая после сварки выпусков натягивается, а швы замоноличиваются.

6. Возведение зданий с арочными и купольными перекрытиями

Двухшарнирные арки. Двухшарнирные арки монтируют конструктивными элементами в виде отдельных арок с последующим их соединением между собой связями и прогонами; конструктивными элементами арок с применением передвижных башен; укрупненными блоками арок методом подвижки. В случае монтажа отдельных арок первые две закрепляют в проектном положении с помощью расчалок, все последующие арки соединяют с предыдущими инвентарными распорками. Прогон в этом случае монтируют поверху, используя специальные подмости. Этот метод сборки трудоемок и значительно усложняет производство работ. При монтаже укрупненными блоками нет необходимости в устройстве подмостей, сокращается объем работ, выполняемых на высоте, уменьшается количество подъемов.

Для укрупнительной сборки применяют четыре временные опоры, на которые укладывают две арки. Каждую арку поставляют на монтаж из четырех элементов, включая элементы стойки (арки, связи, прогоны и стойки).

Укрупнительную сборку и монтаж арок осуществляют гусеничным краном. Для сборных работ при закреплении прогонов применяют две инвентарные навесные лестницы.

Здания с купольными покрытиями выполняют с применением временной стационарной опоры, навесным способом или в целом виде. В строительстве известны два типа куполов – ребристые и сетчатые.

Ребристые купола всегда монтируют с применением временной опоры, в качестве которой могут быть использованы мосты и башни кранов. Первым на временной опоре собирают верхнее опорное кольцо, являющееся конструктивным элементом купола. Для обеспечения выверки его положения по высоте, а в последующем – раскручивания всего собранного купола между временной опорой и опорным кольцом устанавливают

домкраты. Обслуживание домкратов, сборку опорного кольца и раскружаливание выполняют с рабочей площадки, устраиваемой на временной опоре. При этом опорное кольцо должно быть точно выверено не только по высоте, но и в плане, так как его положение во многом определяет геометрию всего купола.

Затем монтируют в определенной последовательности несущие элементы – ребра купола, которые предварительно укрепляют на всю длину, что позволяет исключить необходимость устройства дополнительных промежуточных опор. Сначала устанавливают одно ребро против другого, затем два других в перпендикулярной плоскости. Далее в каждом из четырех образовавшихся секторов последовательно монтируют по одному ребру, равномерно заполняя всю окружность купола. Такая последовательность установки ребер исключает одностороннюю нагрузку на опорное кольцо, что уменьшает деформацию временной опоры (отклонение от вертикали) и облекает выверку и соблюдение заданной геометрической формы купола.

В зависимости от размеров купола (пролет, высота) для монтажа конструкции могут быть применены гусеничные, башенные или рельсовые краны, устанавливаемые либо снаружи на двух параллельных или на одном кольцевом пути, либо внутри купола при отсутствии подземных сооружений.

7. Возведение зданий с вантовыми или мембранными покрытиями

Висячие покрытия применяют при возведении зданий и сооружений, имеющих значительные размеры в плане (пром. здания, стадионы, концертные и выставочные залы, гаражи, цирки, рынки и т.д.), т. е. когда необходимо перекрыть большие площади без промежуточных опор.

Несущие конструкции вантовых покрытий могут быть выполнены в виде вантовых ферм и мембран. Висячие растянутые элементы обычно закрепляют за жесткие массивные опорные конструкции. Опорные конструкции могут быть в виде замкнутого контура (кольца, овала, прямоугольной рамы), опирающиеся на колонны или наклонные рамы, арки, удерживающие покрытие и передающие нагрузку на фундамент.

Сложным процессом является монтаж вантовой сети. Конструкция висячего покрытия с системой ортогональных вант, представляющая собой разновидность ж/б оболочки, состоит из монолитного ж/б опорного контура, закрепленная на опорном

контуре вантовой сети, которая предварительно натягивается, и сборных ж/б плит, уложенных на вантовой сети.

Вантовая сеть состоит из систем продольных и поперечных рам (вант). Их располагают по главным направлениям поверхности оболочки под прямым углом друг к другу. Ванты в опорном контуре закрепляют с помощью анкеров, состоящих из гильзы и клиньев, в которых обжимаются концы каждого каната. После проектного натяжения вантовой сети и замоноличивания швов между плитами и вантами система работает как единая конструкция.

Для перекрытия больших пролетов применяют висячие покрытия из листовой стали толщиной 6 мм (мембраны). Листы мембраны при монтаже раскатывают по висячим несущим элементам постели мембраны из толстого листа или профильного металла.

Висячие покрытия монтируют укрупненными блоками. Контурные опорные конструкции обычно монтируют на временных опорах с последующим раскручиванием после сборки и замоноличивания всего покрытия и устройства кровли.

При наличии центрального опорного кольца его монтируют блоками на поддерживающей временной опоре, которая одновременно является опорой для подмостей – рабочим местом для оформления монтажных стыков, натяжения вант и опорой для последующего раскручивания покрытия.

Кран устанавливают по центру сооружения, а другой с большим подстреловым пространством перемещают вокруг монтируемого покрытия. При мембранном покрытии после монтажа опорного контура монтируют элементы постели мембраны, а затем мембрану, раскатывая или натягивая листы покрытия. Крепление листа к элементам постели осуществляется сваркой, болтами или заклепками. Листы мембраны монтируют в определенной последовательности, исключая неравномерную нагрузку опорных контуров.

Раскатанный лист временно закрепляют канатами к элементам постели, выверяют собранное покрытие и осуществляют окончательное закрепление согласно проекту. После чего временное крепление снимают.

8. Возведение зданий с каркасом рамного типа

Покрытие зданий рамного типа монтируют конструктивными элементами или блоками конструкций следующими методами: сборкой ригелей рам в проектном положении на временных опорах; полунавесной сборкой ригелей рам в проектном положении; укрупнительной сборкой ригелей рам на земле и подъемом их в проектное положение кранами или другими грузоподъемными механизмами.

Ригель монтируют частями, каждую из них устанавливают на одну, две временные опоры. При этом во избежании работы нижнего пояса на местный изгиб опоры располагают только под узлами ригеля.

Достоинства способа: краны небольшой грузоподъемности.

Недостаток: дополнительный расход стали на временные опоры, значительный объем работ, выполняемый на высоте, увеличение продолжительности монтажа.

Монтаж ригелями производят частями от одной постоянной опоры до другой, с обеспечением устойчивости каждого элемента от опрокидывания. После окончания монтажа всех частей ригеля, выверки и выполнения монтажных соединений в соответствии с проектом приступают к раскружаливанию, т.е. постепенному включению в работу смонтированных конструкций путем выключения из работы временных опор.

Раскружаливание производят ступеньками с проверкой величины опускания узла ригеля на каждой ступени, используя домкраты, установленные на временных опорах. При подъеме полностью собранного ригеля одним краном происходит изменение расчетной статической схемы его работы: в нижнем поясе и растянутых раскосах возникает сжатие, в верхнем поясе и сжатых раскосах – растяжение, т.е. меняется знак усилия в поясах и раскосах, что требует дополнительной проверки устойчивости и несущей способности элементов при подъеме ригеля и при необходимости их усиление.

Монтаж ригеля этим способом позволяет выполнение значительного объема работ непосредственно на земле, обеспечивая высокий темп возведения всего здания. Подъем ригеля производится двумя кранами или с использованием мачт. При варианте подъема ригеля двумя мачтами укрупнение производят на стационарных стеллажах, располагаемых за торцом здания, с которого начинают монтаж.

При отсутствии кранов необходимой грузоподъемности монтаж ригелей возможно выполнять полиспастами. Колонны проектируются большей высоты с консолями, к которым подвешивают неподвижные блоки полиспастов. Подъем производят блоками, состоящими из двух ригелей, соединенных вертикальными и горизонтальными связями.

Оба ригеля собирают в горизонтальном положении, затем путем кантовки переводят в вертикальное и устанавливают между ними поперечные конструкции и кровлю. Под опорные узлы нижних поясов ригелей подводят поперечные балки с закрепленными на концах подвижными блоками полиспастов. Такой собранный блок массой 500 т обычно поднимают четырьмя полиспастами (4) грузоподъемностью по 160 т. Колонны собирают также в горизонтальном положении на земле и устанавливают в проектное положение методом поворота вокруг опорного шарнира.

В зависимости от характера размещаемых производств они имеют разнообразные объемно-планировочные и конструктивные решения, определяющие объемы монтажных работ, методы их выполнения и применяемые при этом монтажные механизмы и приспособления.

Каркасы одноэтажных промышленных зданий могут быть выполнены полностью из сборного ж/б или металлических конструкций, или смешанными (колонны и плиты покрытия – ж/б; подкрановые балки, фермы и связи покрытия – металлические).

В зависимости от наличия грузоподъемного оборудования зданий их подразделяют на бескрановые и крановые. Одноэтажные бескаркасные здания характеризуются однотипными ячейками и конструкциями, значительной протяженностью в обоих направлениях. Каркасы таких зданий выполняют, как правило, из сборных ж/б конструкций массой до 16 т. В некоторых случаях, особенно в случае применения металлического профилированного настила, покрытия пролетом 24 м возводят из металлических конструкций.

Унифицированные одноэтажные промышленные здания, оборудованные мостовыми кранами, также характеризуются однотипными ячейками, конструкциями и значительными размерами в плане. Масса сборных элементов таких зданий составляет от 2,5 до 32,5 т.

Методы монтажа сборных конструкций одноэтажных промышленных зданий выбирают в зависимости от объема монтажных работ, объемно-планировочных и конструктивных решений, сроков монтажа, имеющегося парка монтажных механизмов.

Выбору метода монтажа предшествует анализ объемно-планировочных решений, выяснение статической работы схемы здания. Для установки сборных конструктивных элементов в проектное положение определяют требуемые минимальные параметры монтажных кранов.

Методы монтажа сборных конструкций различаются в зависимости от применяемого подъемно-монтажного оборудования, степени укрупнения сборных элементов в блоках перед подъемом; последовательности установки в проектное положение элементов или блоков; направления развития монтажного процесса, способов наведения и установки на нижележащие опорные конструкции.

Во всех случаях применение тех или иных методов должно обеспечивать точность установки конструкций и устойчивость здания и его частей в процессе монтажа.

В практике строительства одноэтажных промышленных зданий из сборных конструкций, как правило, применяются крановые методы монтажа, когда отдельные сборные элементы или предварительно укрупненные из них блоки подаются кранами с транспортного средства, с места складирования или с укрупнительного стенда непосредственно на место проектного положения.

Наибольшее распространение для монтажа сборных конструкций массовых одноэтажных промышленных зданий получили стреловые самоходные краны, в первую очередь на гусеничном ходу, грузоподъемностью 10-63 т. Наряду с обычным стреловым оборудованием краны также оснащаются башенно-стреловым оборудованием.

Монтаж сборных конструкций каркаса в зависимости от степени предварительного укрупнения может производиться следующими методами:

- отдельными конструктивными элементами;
- предварительно укрупненными линейными плоскостными или объемными блоками;
- предварительно укрупненными комплексными блоками, включающими элементы инженерного и технологического оборудования зданий.

Одноэтажные промышленные здания возводят в определенной технологической последовательности, которую устанавливают при проектировании производства монтажных работ в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений возводимых объектов и требований к очередности ввода в эксплуатацию размещаемых в них цехов для обеспечения начала монтажа технологического оборудования в наиболее ранние сроки.

Монтаж технологического оборудования в зависимости от этого может быть организован по трем принципиальным схемам: до начала строительства надземной части здания или сооружения; параллельно с производством строительно-монтажных работ. В этом случае возможно максимальное использование одних и тех же комплектов

подъемно-транспортных средств, работающих по взаимно увязанной программе, в полностью законченном здании или сооружении с помощью специальных монтажных механизмов и приспособлений.

Монтаж сборных конструкций одноэтажных промышленных зданий ведут специализированными потоками, каждому из которых придают комплект транспортных и монтажных машин и соответствующую монтажную оснастку.

При этом каждый специализированный поток обслуживает монтажный участок, границы которого соответствуют пролету зданий или секции, ограниченной температурными швами. Размеры участков устанавливают с таким расчетом, чтобы на каждом из них были приблизительно одинаковые объемы и трудоемкость работ. Причем в качестве монтажного участка должна приниматься наименьшая часть здания в плане, с тем, чтобы на ней обеспечить непрерывный монтаж сборных конструктивных элементов с соблюдением необходимых технологических перерывов и требований безопасной организации труда.

Ведущим процессом при возведении надземной части здания является монтаж сборных ж/б или стальных конструкций. При этом одним из основных условий эффективности монтажных работ является поточное осуществление их в увязке с другими строительными процессами (устройство кровли; производство санитарно-технических и электромонтажных работ; монтаж технологического оборудования; устройство полов и отделочные работы).

Монтаж сборных ж/б колонн, балок и ферм, плит покрытия и наружного стенового ограждения одноэтажных промышленных зданий, в основном, осуществляют поэтажно, т.е. отдельными конструктивными элементами. Монтаж фонарей, подкрановых балок, связей, оконных переплетов чаще всего ведут укрупненными блоками (блочный монтаж). Кроме того, эти конструктивные элементы могут быть собраны в плоские и пространственные блоки, обладающие надежной монтажной устойчивостью. Монтаж конструкций блоками является в современном строительстве одним из наиболее прогрессивных методов в технологии монтажных работ. Монтаж из комплексных укрупненных блоков в одноэтажном промышленном строительстве применяется только для покрытий с металлическими несущими конструкциями и эффективным облегченным покрытием.

В зависимости от организации подачи элементов конструкций к месту установки различают методы предварительной раскладки элементов у мест монтажа (в зоне действия монтажного крана) и монтаж с транспортных средств (с колос). В последнем

транспортные и монтажные процессы осуществляются по транспортно-монтажным графикам.

Для монтажа одноэтажных промышленных зданий, в зависимости от последовательности установки конструкций, применяют дифференцированный (раздельный), комплексный (совмещенный) и комбинированный (смешанный) методы монтажа.

При раздельном методе одноименные конструктивные элементы здания монтируют самостоятельными потоками, в основном, совмещенными во времени. Однако этот метод не применяют при монтаже конструкций покрытий, что связано с конструктивными особенностями типового решения.

При комплексном методе монтаж, выверку и закрепление всех конструкций производят в одном потоке в пределах одной или нескольких смежных ячеек здания, образующих жесткую монтажную устойчивость. Однако этот метод практически не применяется при монтаже одноэтажных промышленных зданий с ж/б каркасом, так как типовое сопряжение колонн с фундаментами стаканного типа предусматривает возможность установки на колонны вышележащих конструкций только после достижения бетоном в стыках определенной прочности (не менее 70 %), что достигается через 3-4 дня. Кроме этого, значительная разница в массе разноименных сборных ж/б конструкций делает нецелесообразным их монтаж одним краном.

При монтаже комбинированным методом сочетаются элементы первых двух. Этот метод наиболее часто применяют при монтаже конструкций одноэтажных промышленных зданий: колонны, подкрановые балки и и стеновые ограждения монтируют дифференцированным методом, отдельными потоками, а подстропильные и стропильные балки и фермы, плиты покрытия - комплексным методом в едином потоке.

Как известно, в зависимости от направления развития монтажного процесса различают продольный и поперечный методы монтажа. В одноэтажных промышленных зданиях применяют продольный метод, когда конструкции последовательно монтируют вдоль здания или пролета. Исключение составляют элементы конструкций покрытия, которые могут монтировать как продольным, так и поперечным методами. При продольном направлении монтажный кран располагают вне пределов монтируемой ячейки и плиты покрытия устанавливают через смонтированную стропильную конструкцию.

При поперечном направлении монтажа кран устанавливает плиты покрытия, находясь внутри монтируемой ячейки здания, и стрела крана располагается поперек

монтируемых плит. Последний метод применим в основном для бескрановых зданий и в том случае, когда параметры крана определяются условием монтажа плит покрытия.

В зависимости от способа наводки монтируемого элемента на опоры различают свободный, ограничено-свободный и принудительный монтаж. Для сборных ж/б конструкций одноэтажных промышленных зданий монтаж в основном осуществляют свободным методом, при котором конструкцию наводят на опоры в процессе ее свободного перемещения.

Методы монтажа являются определенными факторами технологии производства монтажных работ, для осуществления которой разрабатываются проекты производства работ, технологические карты и технологические схемы монтажа отдельных конструктивных элементов.

Колонны монтируют отдельным потоком после подготовки дна стакана фундаментов и инструментальной проверки их в плане и по вертикали в соответствии с требованиями проекта.

Колонны доставляют на строительную площадку автотранспортом, при этом легкие колонны (массой до 8 т) монтируют с предварительной раскладкой у мест монтажа в зоне действия монтажного крана, а тяжелые – доставкой к монтажному крану по часовому графику и монтируют непосредственно с транспортных средств.

Выверку и временное закрепление колонн осуществляют инвентарными клиновыми вкладышами или кондукторами. Причем для колонн массой 8 тонн кондуктор устанавливают на фундамент и закрепляют на колонне после ее установки в стакан фундамента. Для более тяжелых колонн кондуктор устанавливают, выверяют и закрепляют на фундаменте до начала монтажа колонны. После установки ряда колонн их проектное положение окончательно выверяют и производят замоноличивание стыков колонн с фундаментами. Колонны под замоноличивание сдаются партиями.

Подкрановые балки целесообразно монтировать самостоятельным потоком непосредственно с транспортных средств. Установку балок в проектное положение производят по осевым рискам на балках и консолях колонн. Балки временно закрепляют на опорах при помощи анкерных болтов. Окончательную выверку подкрановых балок производят в пределах монтажной захватки или температурной секции при помощи геодезических инструментов, после чего производят приварку всех крепежных деталей балок к закладным деталям колонн.

Металлические подкрановые балки длиной 12 м могут монтировать блоками, укрупненными в заводских условиях, или же доставлять на строительную площадку в

виде 2-х отправочных единиц. Монтаж металлических подкрановых балок может производиться с ведением работ двумя способами: с последующей выверкой балок и без выверки. Безвыверочный монтаж балок укрупненными блоками достигается за счет обеспечения повышенной точности вертикальных отметок фундаментов и опорной поверхности консолей колонн.

Конструкции покрытий (подстропильные и стропильные фермы и балки, плиты покрытия) монтируют комплексным методом, отдельным потоком. Фермы и балки, а также плиты покрытия пролетом 12 м рекомендуется монтировать с транспортных средств. Плиты покрытия пролетом 6 м – с предварительной раскладкой в зоне действия монтажного крана. Однако допускается вариант монтажа всех элементов конструкций покрытия с предварительной раскладкой.

Стропильные фермы и балки устанавливают в проектное положение с совмещением осевых рисков на их торцах с рисками на опорных поверхностях нижележащих конструкций (колонн, подстропильных ферм), после чего их закрепляют сваркой с закладными элементами этих конструкций.

Устойчивость первых двух стропильных конструкций обеспечивают расчалками, закрепленными за передвижные инвентарные якоря и замоноличенных в стаканы фундаментов колонн. Устойчивость последующих ферм обеспечивают при шаге колонн 6 м и 12 м – с помощью инвентарных распорок, закрепляемых к ранее смонтированной ферме.

Одновременно с монтажом ферм устанавливают все предусмотренные проектом постоянные связи и распорки. Временные распорки и расчалки снимают по мере монтажа и приварки плит покрытия. Конструкции фонарей монтируют после установки и закрепления стропильной фермы или балки, после чего производят монтаж связей и бортовых плит фонарей.

Плиты покрытия при бесфонарной кровли монтируют от одного конца фермы к другому, начиная со стороны ранее смонтированного пролета; при кровле с фонарями – от концов фермы к фонарю, затем монтируют плиты на фонарях.

Монтаж ограждающих конструкций осуществляют отдельным монтажным потоком после окончания монтажа несущего каркаса здания в целом или его части. Стеновые панели в каждой ячейке между двумя колоннами монтируют сразу на всю высоту здания или ярусами, высота которых зависит от конкретных условий производства работ.

Монтаж стеновых ограждений осуществляется с применением монтажных кранов со специализированным башенностреловым оборудованием. Это оборудование совмещает в

себе монтажный кран с механизированным устройством рабочего места монтажников. При этом монтажная площадка может перемещаться по вертикали, опускаться и подниматься по башне, а также по горизонтали – от башни к стене и обратно.

При монтаже стеновых панелей возможны **3 варианта** взаимного расположения монтажных кранов и кассет со стеновыми панелями:

- кассета располагается между монтажным краном и стеной (при небольшой высоте здания), при этом количество панелей в одной из кассет достаточно для устройства стены на всю высоту и минимальная ширина зоны вдоль фасада здания должна составлять около 8,5 м;
- монтажный кран располагается между кассетой и монтируемой стеной (остальные условия те же, что и в первом варианте);
- монтажный кран располагается между двумя кассетами, установленными вдоль здания (в случае большой высоты), при этом количество панелей в двух кассетах должно быть достаточным для устройства стены на всю высоту здания.

Многоэтажные промышленные здания имеют каркасную конструкцию с самонесущими или навесными стенами. Высота их колеблется от 3 до 12 этажей, ширина составляет от 12 до 42 м. В длину подобные сооружения имеют размеры от 100 до 300 м. Однако размер сетки колонн ограничен. Размеры монтажной ячейки могут быть 6х6; 9х6; 12х6 м. Высота производственного этажа находится в пределах от 3,6 до 7, 2 м. Верхний этаж чаще всего оборудован мостовым краном, поэтому он имеет высоту от 8,4 до 10,8 м.

Число типоразмеров сборных элементов многоэтажных промышленных зданий невелико. Основными элементами каркаса здания являются одиночно стоящие фундаменты колонн высотой на 1-2 этажа, фундаментные балки, ригели и монтажные перекрытия балочного и безбалочного типа. Иногда колонны здания вместе с ригелями объединяют в рамные конструкции плоской или пространственной компоновки. Технологический процесс возведения многоэтажных промышленных зданий включает в себя следующие *специализированные потоки*:

1. Производство земляных работ и устройство подземных конструкций.
2. Возведение надземных конструкций и устройство кровли.
3. Выполнение специальных и отделочных работ.
4. Монтаж технологического оборудования.

При возведении зданий с однородной структурой (часто повторяющиеся ячейки) за ярус, в зависимости от типа колонн, принимается 1 или 2 этажа. В качестве захватки принимают 1 секцию (температурный блок) или ее половину.

Для организации поточного строительства зданий с неоднородной структурой (когда этажи и секции могут отличаться друг от друга конструктивной компоновкой, материалом изготовления и размерами) их расчленяют на ряд неодинаковых участков, но однородных по своему конструктивному устройству.

В зависимости от приоритета работ, входящих в специализированные потоки и конструкции здания выбирается необходимая схема его возведения.

При монтаже сборных конструкций их три:

- **Горизонтально-восходящая** схема. В этом случае все конструкции монтируют поэтажно в определенной последовательности: колонны, ригели и перекрытия. При такой схеме еще до окончания монтажа всего здания можно начинать отделочные работы.

- **Вертикально-восходящая** схема. Монтаж конструкций ведут на всю высоту здания в пределах ячейки при условии обеспечения пространственной жесткости возводимой части сооружения. Применение такой схемы позволяет ускорить ввод объекта в эксплуатацию, так как в этом случае появляется возможность установки технологического оборудования в более ранние сроки.

- **Смешанная схема** применяется при возведении разноэтажного промышленного здания.

В любом случае выбор схемы монтажа зависит от уровня механизации и технологии производства работ.

На выбор вариантов механизации монтажа, в том числе, и ведущей машины влияют следующие факторы:

- назначение здания;
- архитектурно-конструктивное решение сооружения;
- строительный материал, используемый для изготовления несущих конструкций;
- этажность, количество и строительный объем секций здания;
- конфигурация здания и размеры его в плане;
- рельеф строительной площадки;

- сроки строительства.

Здание с балочными перекрытиями, в основном, монтируют башенными кранами. При наличии индивидуальной монтажной оснастки, например, одиночных кондукторов, работы рационально выполнять раздельным методом. При наличии групповых кондукторов наиболее приемлем комплексный метод.

Здания с безбалочными перекрытиями также монтируют башенными кранами. При наличии одного крана его, как правило, устанавливают в пределах здания. С конструктивной точки зрения для таких зданий характерна высокая пространственная жесткость и устойчивость каркаса. Это обстоятельство позволяет вести монтаж здания по ярусам или секциям на его полную высоту при условии своевременной заделки стыков.

Здания смешанной этажности монтируют с помощью башенных кранов повышенной грузоподъемности совместно с самоходными кранами.

При возведении многоэтажных сооружений приходится согласовывать частные и специализированные потоки с целью их совместимости по трудоемкости и срокам выполнения. При возведении многоэтажных промышленных зданий, в основном, выполняют следующие работы:

- разбивка котлована и устройство обноски;
- разработка котлована или траншей;
- монтаж фундаментов и корректировка монтажного горизонта;
- обратная засыпка и устройство подготовки под полы;
- монтаж поэтажных конструкций;
- заделка и бетонирование стыков;
- монтаж сантехнических и электротехнических систем;
- затирка и облицовка поверхностей;
- устройство полов;
- окраска поверхностей;
- монтаж технологического оборудования.

Среди отмеченных работ, основным процессом является специализированный поток монтажа поэтажных конструкций, определяющий общий темп строительства. Он включает в себя следующие частные потоки:

- установку колонн и укладку ригелей;
- монтаж элементов лестничных клеток и перегородок;
- укладку плит перекрытий;
- установку наружных стеновых панелей.

При установке наружных стеновых панелей дополнительно обеспечивается пространственная жесткость многоэтажного здания. Однако часто возникает необходимость монтажа технологического оборудования и подача мелкоштучных элементов на межэтажные перекрытия. В этом случае навешивание наружных стеновых панелей производят позже. Таким образом, частные и специализированные потоки могут быть расставлены следующим образом:

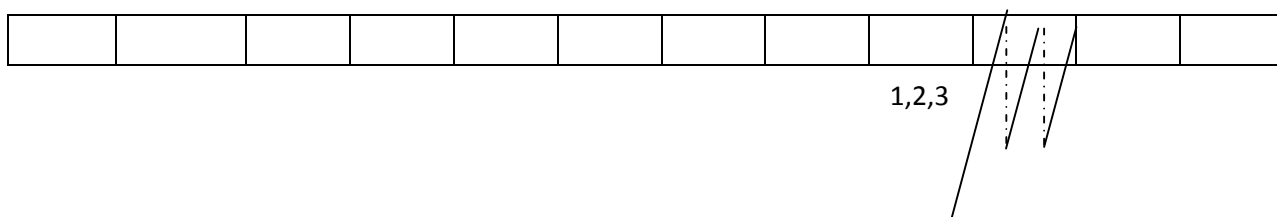
После монтажа фундаментов выверяют их монтажный горизонт и подготавливают фронт работ для установки колонн. Продолжительность всего процесса не должна быть больше, чем монтаж колонн на втором участке (захватке).

После возвращения крана на первый участок производят установку колонн, а после перевода его на второй участок начинают работы по заделке стыков. Продолжительность работ по замоноличиванию сочленения колонн и фундаментов не должна превышать срока занятости крана на втором участке.

Затем в пределах первого участка на колонны устанавливают ригели, а после перехода крана на второй участок, окончательно, с помощью сварки укрепляют стыки колонн и ригелей и заделывают их бетонной смесью. Далее следует монтаж панелей перекрытий. Такие частные и специализированные потоки согласовываются с помощью монтажного модуля цикличности (ММЦ).

Монтажным модулем цикличности называют продолжительность монтажных работ на монтажном участке здания, моделирующего во времени все специализированные потоки, осуществляемые при возведении здания.

ММЦ является общим показателем ритмичного выполнения работ на всех стадиях возведения объекта. Тогда циклограмма возведения многоэтажного промышленного здания при условии согласованности специализированных потоков будет иметь вид:



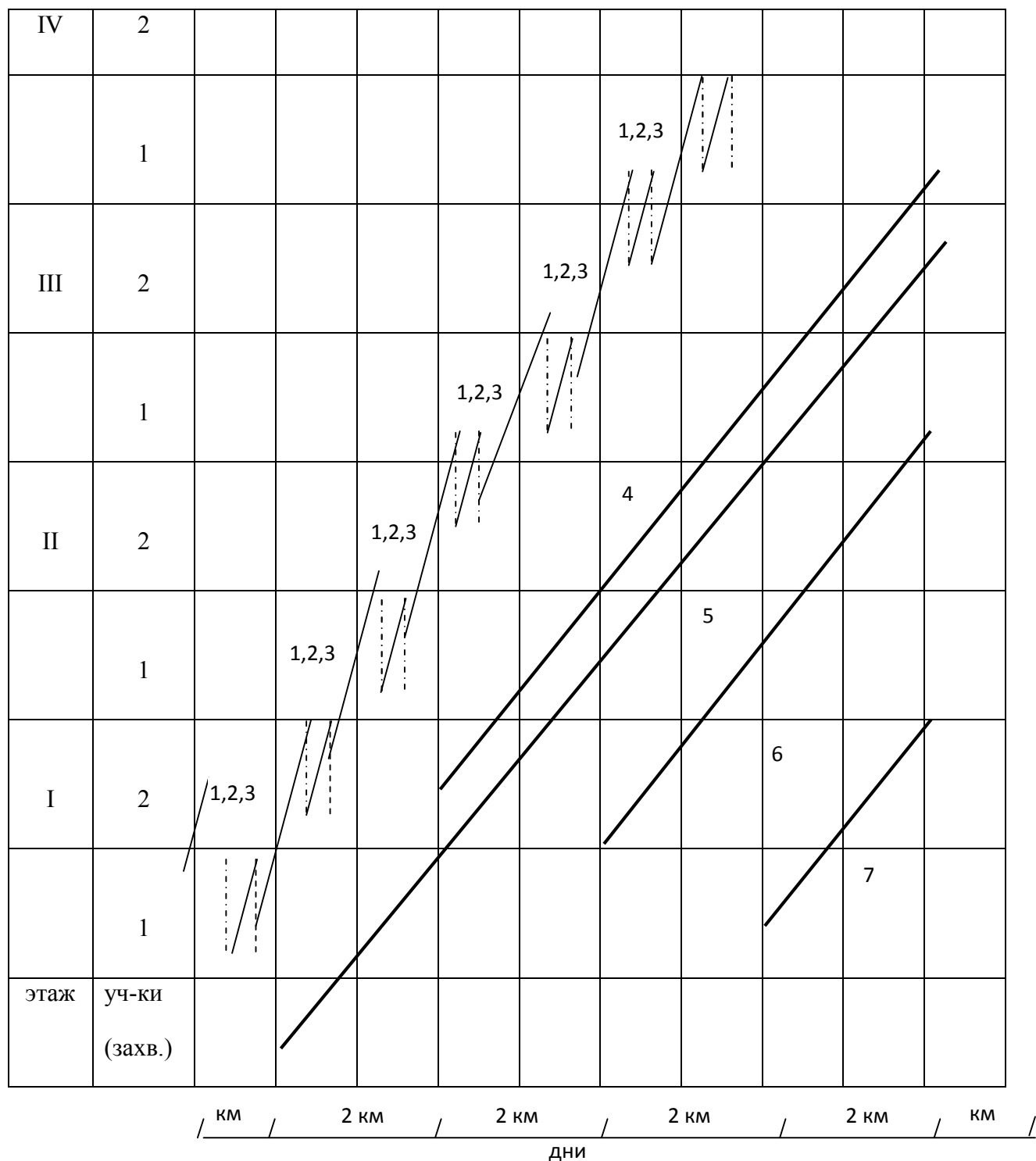


Рис. Циклограмма монтажа четырехэтажного промышленного здания:

1. Установка колонн и монтаж ригелей.
2. Монтаж элементов лестничных клеток и перегородок.
3. Укладка панелей перекрытий.
4. Окончательная сварка закладных деталей и установка опалубки.
5. Бетонирование стыков.
6. Монтаж сантехнического и электротехнического оборудования.

Пример согласования процессов при возведении 4-х этажного промышленного здания предусматривает работу по горизонтально-восходящей схеме. Монтажный модуль в данном случае равен км или 2 км дням при двухсменной работе. Остальные работы могут выполняться под прикрытием двух смонтированных этажей вне зависимости от готовности междуэтажных перекрытий или крыши.

***Расчет величины захватки при возведении многоэтажных
промышленных зданий***

При разработке технологии возведения многоэтажного промышленного здания главной задачей является организация ритмичного процесса выполнения монтажных работ. Для этого требуется установить последовательность монтажа конструкций, обеспечивающую поточное производство работ, определить состав бригад монтажников, составить график возведения и циклограмму процесса.

С этой целью, как правило, выбирают поярусный метод монтажа при горизонтальном развитии потока. За ярус, в зависимости от вида колонн, может приниматься один или два этажа.

В случае использования колонн на два этажа в каждом ярусе выделяют два монтажных комплекта сборных конструкций: в первый комплект включают колонны высотой на два этажа, ригели и плиты перекрытия нижнего этажа между колоннами (распорные плиты), во второй – рядовые плиты перекрытия нижнего этажа, ригели и плиты верхнего этажа, конструкции лестниц и перегородки. Стыки элементов замоноличиваются в процессе монтажа. Стеновые панели монтируют после возведения каркаса секции отдельным потоком. Для обеспечения непрерывности монтажных работ здание разбивают на монтажные участки. Обычно принимают поперечное членение. Методика определения границ монтажных зданий (захваток) участков определим из примера.

Четырехэтажное типовое промышленное здание имеет 6 пролетов. При возведении здания используются колонны высотой на 2 этажа. В поперечном пролете здания между первыми двумя осями к первому комплекту относятся:

- **колонны на два этажа:**

- крайние массой 3,8 т – 4 шт;

– средние – массой 4,2 т – 10 шт;

- **ригели нижнего этажа** массой 3,2 т – 12 шт;

- **плиты перекрытия:**

– распорные между колоннами размером 0,76х6 м, массой 1,1 т – 2 шт;

– основные размером 1,5х6 м, массой 2,2 т – 5 шт.

По данным ЕНиР определяем среднюю трудоемкость установки одного монтажного элемента первого комплекта, состоящую из 33 штук.

$$t_{\text{э}} = \frac{1,24 \cdot 14 + 0,58 \cdot 12 + 0,18 \cdot 2 + 0,22 \cdot 5}{33} = 0,78 \text{ м.-час.}$$

Средняя трудоемкость монтажа колонн, ригелей и межкомнатных плит каждого яруса в одной ячейке (4 колонны), монтируемых одним потоком:

$$t_{\text{к}} = \frac{1,24 \cdot 14 + 0,58 \cdot 12 + 0,18 + 0,22 \cdot 5}{6} = 4,3 \text{ м.-час.}$$

Ко второму комплекту в каждом поперечном пролете можно отнести:

- **ригели верхнего уровня** (этажа) массой 3,2 т – 12 шт;

- **плиты перекрытия** основные 1,5х6 м, массой 2,2 т – 18 шт;

- **плиты покрытий:**

– основные 1,5х6 м, массой 1,3 т – 23 шт;

– доборные 0,75х6 м, массой 0,6 т – 2 шт.

Тогда по данным ЕНиРа средняя трудоемкость установки одного монтажного элемента второго комплекта в пределах одной ячейки составит

$$t_{\text{н}} = \frac{0,58 \cdot 12 + 0,22 \cdot 18 + 0,25 \cdot 23 + 0,195 \cdot 2}{6} = 2,8 \text{ м.-час.}$$

Приведенные расчеты позволяют определить коэффициент темпа монтажа, как отношение первого комплекта ко второму:

$$\alpha = \frac{t_K}{t_n} = \frac{4,3}{2,8} = 1,54.$$

В таком случае, минимальное количество монтажных элементов (колонн, ригелей и плит перекрытий нижнего этажа) на захватке можно определить, как это отмечалось выше, с помощью выражения:

$$N_{min} = \frac{t_{cm} \cdot z \cdot \alpha (t_{\theta} + t_{\bar{\theta}})}{t_{\theta}},$$

где t_{cm} – продолжительность смены, равная 7 часам;

z – количество в сутках, равное 2;

t_{θ} – интервал времени между началом установки колонн и замоноличиванием их стыков равный 0,5 сут.;

$t_{\bar{\theta}}$ – время укладки бетонной смеси и выдерживания бетона в стыках до получения монтажной прочности. Оно может быть принято равным 1 суткам. Тогда минимальное количество монтажных элементов будет равно:

$$N_{min} = \frac{7 \cdot 2 \cdot 1,54 (0,5 + 1)}{0,78} \approx 42 \text{ элемента.}$$

Допустим, что общее число колонн, ригелей и межколонных распорных плит нижнего этажа в пределах монтажного яруса одной типовой секции будет равно 213 шт., тогда возможное количество монтажных участков $213:42=5$. При одновременной работе двух башенных кранов число участков приблизительно равно 2,5. Каждая типовая секция может быть разделена на два монтажных участка. Причем число ярусов-захваток на участке составит $2 \times 2 = 4$.

С помощью ЕНиР определяют трудоемкость монтажа каждого монтажного комплекта на участках.

Количество комплектов определяется расчетом. В соответствии с трудоемкостью, при постоянном составе звена монтажников 5 человек, назначают продолжительность крановых процессов с учетом перевыполнения норм.

