

ЛЕКЦИЯ 7.

ТЕМА: ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Рассматриваемые вопросы

1. Виды гидротехнических сооружений.
2. Устройство котлованов под сооружения. Способы осушения котлованов и условия их применения.
3. Технология производства бетонных и железобетонных и монтажных работ при строительстве гидротехнических сооружений.
4. Контроль прочности бетона в сооружениях.
5. Технология строительства закрытых напорных трубопроводов

1. Виды гидротехнических сооружений

Чтобы мелиоративная сеть функционировала эффективно, она оснащается необходимыми гидротехническими сооружениями. Такие сооружения предназначаются в первую очередь для регулирования водного режима, а также используются для перемещения техники (например, дороги, мостовые переходы через водотоки и др.), перегона скота через водные преграды (скотоперегоны), обеспечения устойчивой работы элементов мелиоративной системы, рекреационных целей и др. Дороги при проектировании увязываются с проводящей сетью, водоприемником, границами землепользователей и полей севооборотов. Дороги должны иметь связь с основными транспортными магистралями. Вид дорог и их конструкция принимаются в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

По своему назначению все гидротехнические сооружения делятся на группы. *В первую, наиболее ответственную группу* включают сооружения, которые необходимы для сопряжения водотоков. К ним относят дренажные устья, воронки стока, колонки и колодцы-поглотители, быстротоки, перепады, места сопряжения каналов и т. п. *Вторую группу* составляют сооружения, с помощью которых обеспечивается управление водным режимом на межхозяйственной части мелиоративной системы, - открытые каналы, шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы и др. К этой же группе относят средства крепления межхозяйственных каналов от размыва и деформаций: хворостяной канат, плетневую (хворостяную) стенку, фашины, одерновку, бетонные и железобетонные покрытия, посев трав, биоковры и др. *Третья группа* включает сооружения, с помощью которых обеспечивается управление водным режимом на внутрихозяйственной части мелиоративной системы: открытые каналы, шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы, колодцы с регулирующими устройствами, наблюдательные колодцы и др. Сюда же относятся средства крепления внутрихозяйственных каналов от размыва и деформаций. *Четвертая группа* состоит из сооружений, обеспечивающих проезд техники, прогон скота, переход людей через каналы: мосты, трубы-перезды, дороги, броды, скотопрогоны, пешеходные мостики. *К пятой группе*

относят эксплуатационные и рекреационные сооружения, места экологического обустройства мелиоративных систем — гидрометрические створы, береговую обстановку, реперную сеть, водоемы-копани, пляжи, места для отдыха населения, экологические ниши и др.

Некоторые сооружения могут выполнять несколько функций. Например, труба-регулятор может использоваться одновременно для регулирования уровней воды в водотоке и служить переездным средством. Водоем-копань может принимать воду с осушаемых полей (т. е. являться регулирующим сооружением для некоторой части мелиоративной системы) и одновременно выполнять функцию экологической ниши. Подобные сооружения следует относить к верхней группе их функциональной принадлежности.

Более сложные конструкции гидротехнических сооружений изучаются в специальном курсе, а ниже рассматриваются только наиболее распространенные менее капиталоемкие сооружения, применяемые на гидромелиоративных системах.

2. Устройство котлованов под сооружения. Способы осушения котлованов и условия их применения

Строительство гидротехнических сооружений часто ведется на затопляемых паводками поймах, непосредственно в русле водотока под прикрытием перемычек, которые изолируют стройплощадку от водного пространства, а также при высоких уровнях грунтовых вод.

Эти особенности приводят к тому, что большая часть работ по возведению сооружений выполняется в котлованах при непрерывном значительном притоке грунтовых вод, тем больше, чем больше размеры котлована и фильтрационная способность грунтов. Для обеспечения нормальных условий производства работ приходится непрерывно откачивать эту воду либо непосредственно из котлована, либо перехватывая ее за пределами выемки.

Другие способы защиты котлованов (устройство экранов, закрепление грунтов, применение опускных колодцев) обычно сложнее и менее экономичны.

Разработка котлована, размещенного на пойме, начинается обычно одновременно с устройством перемычек и монтажом оборудования для понижения УГВ. Эксплуатация водопонижительных установок в этом случае организуется так, чтобы снижение УГВ опережало на 1,0...1,5 м заглубление котлована. Если котлован размещается в русле водотока, работам по водопонижению предшествуют работы по ограждению будущего котлована перемычками. Работы по осушению здесь складываются из удаления воды из отгороженного котлована и откачки воды, фильтрующейся в котлован при понижении уровня в нем. При песчаных грунтах и наличии напорных грунтовых вод разработке котлована предшествует организация глубинного понижения УГВ под всей площадью котлована.

Таким образом, применяются два способа осушения котлованов:

– способ открытого водоотлива, при котором все виды работ в котловане выполняются одновременно с осушением его откачкой воды, поступающей через стенки и дно котлована;

– способ искусственного понижения УГВ с откачкой воды из колодцев, расположенных по периметру котлована в расчете на недопущение поступления воды в котлован.

Открытый водоотлив при откачке воды с подъемом на меньшую высоту, требующий несложных подготовительных работ, является в целом мероприятием менее дорогим, чем искусственное понижение УГВ. Однако возможность его применения ограничивается случаями, когда фильтрующие грунтовые воды не в состоянии нарушить структуру грунтов основания сооружения, разрыхлить их и вызвать деформацию стенок и дна котлована. Деформация стенок и дна котлована может происходить в результате взвешивания грунта фильтрационным давлением и явления механической суффозии грунта, т. е. вымывания из него мельчайших частиц, в результате чего нарушается статическая устойчивость откосов, грунт в основании сооружения разрыхляется и теряет несущую способность.

Допустимые градиенты фильтрационных потоков $J_{\text{доп}}$, при которых откосы сохраняют свою устойчивость, связаны с механическим составом грунтов, характеризуемым коэффициентом неоднородности $E = \frac{d_{60}}{d_{10}}$. Для грунтов с $E < 10$ $J_{\text{доп}} = 0,4$; при $E = 10 \dots 20$ $J_{\text{доп}} = 0,2$; при $E > 20$ $J_{\text{доп}} = 0,1$.

Фактический градиент фильтрационного потока зависит от конфигурации котлована, расположения котлована по отношению к открытым водоемам и водотокам, от условий фильтрации воды через толщу грунта и определяется отношением

$$J_{\phi} = \frac{H}{l_{\phi}},$$

где H – полное падение напора, м;

l_{ϕ} – длина пути, на которой гасится напор (рис. 1).

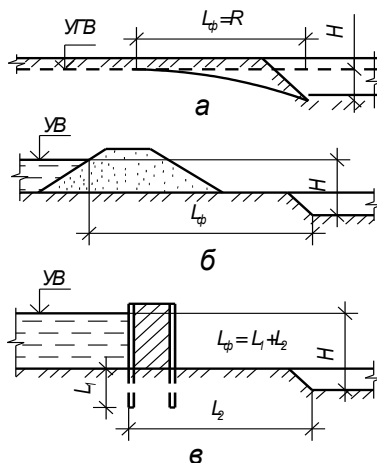


Рис. 1. Схемы к определению фактического градиента фильтрационного потока

При $J_{\phi} < J_{\text{доп}}$ устойчивость откосов будет обеспечена и открытым водоотливом. В противном случае следует применять искусственное понижение УГВ. Помимо устойчивости откосов и сохранности дна котлована надо учитывать способность грунтов отдавать воду. Грунты с плохой проницаемостью при $K_{\phi} \leq 1 \dots 2$ м/сут не могут быть хорошо обезвожены обычной откачкой воды из скважин и требуют более сложных приемов водопонижения: вакуумного и электроосмотического.

При выборе способа осушения следует ориентироваться на более дешевые способы: в первую очередь на открытый водоотлив, затем на водопонижение скважинами и только в случаях их технической неэффективности переходить к более сложным и дорогим способам.

Первичное осушение котлованов

Задачей первичного осушения котлованов является удаление воды из пространства, замкнутого перемычками, при русловой или полу-пойменной компоновке сооружения. Объем воды, удаляемой при этом из котлована, складывается из начального объема и дополнительного, поступающего в котлован в процессе его осушения вследствие фильтрации воды через ограждающие перемычки, дно и откосы котлована, а также за счет атмосферных осадков и стока со склонов и берегов. Величина дополнительного объема воды зависит от типа перемычек и напора на них, длины напорного фронта, размеров котлована, геологических условий, коэффициентов фильтрации грунтов и продолжительности осушения. В общем случае объем первоначального водоотлива можно выразить формулой

$$W = V + qtF_{\kappa}H,$$

где V – объем воды в замкнутом перемычками пространстве, м³;

q – удельный приток воды в котлован через перемычки, откосы и дно котлована, м³/(ч · м² · м);

t – продолжительность первичного осушения, ч;

F_{κ} – площадь котлована, м²;

H – напор, м.

На предварительных стадиях проектирования приток в котлован (в м³/ч) можно приближенно оценить по следующим удельным его значениям (на 1 м² площади котлована), отнесенным к напору 1 м (И. И. Кандалов):

песок мелкозернистый – 0,16;

песок среднезернистый – 0,24;

песок крупнозернистый – 0,30;

песок гравелистый с крупнозернистым песком – 0,35.

При строительстве крупных гидроузлов продолжительность водоотлива составляет 2...4 недели, а объем откачки – в среднем 3...4 первоначальных объема воды в котловане.

Важным вопросом при организации первичного водоотлива является назначение срока осушения котлована. С одной стороны, быстрее начало

основных работ, с другой – обеспечение устойчивости берегов, откосов перемычек и дна котлована при откачке, так как резкое снижение уровня воды может привести к их разрушению. Суффозионная деформация грунта проявляется себя непосредственно за снижением горизонта воды. Оползневые же деформации откоса и деформация выпора происходят внезапно и не могут быть обнаружены заблаговременно визуальными наблюдениями.

Практика строительства показывает, что в первые дни интенсивность понижения уровня воды не должна превышать 0,5...0,7 м/сут (крупнозернистые и скальные грунты), 0,3...0,4 м/сут (среднезернистые) и 0,15...0,20 м/сут (мелкозернистые грунты).

Снижение уровня воды в котловане приводит к уплотнению перемычек за счет увеличения напора и фильтрационных градиентов и уменьшению K_f , который уменьшается как за счет уплотнения грунта и естественной кольтматации, так и в результате специально принятых мер по уплотнению присыпки с напорной стороны глинистого грунта или шлака, заиления шпунта и т. д. Это позволяет увеличить интенсивность откачки и довести ее до 1,0...1,5 м/сут.

Для обеспечения устойчивости дна котлована осушение последних 1,5...2,0 м производят медленно, а воду отводят из пониженных частей котлована. Если дно котлована подвержено воздействию напорных грунтовых вод, то одновременно с осушением производят снижение пьезометрического уровня напорных грунтовых вод до безопасного значения установками грунтового водопонижения или самоизливающимися скважинами и сохраняют этот уровень в течение всего срока строительства. В редких случаях, когда предусмотрено затопление котлована высокими паводками, его осушают сразу на спаде воды в реке. При промедлении уровень воды в котловане окажется выше, чем в реке, что приведет к расстройству всей системы уплотнения перемычек.

Поддержание котлована в осушенном состоянии

Открытый водоотлив.

В течение всего срока строительства сооружения ведут текущий водоотлив, который предохраняет котлован от затопления и разрушения грунтовыми водами, обеспечивает нормальные условия экскавации грунта и бесперебойное движение транспорта. Текущий водоотлив выполняют открытым дренажем или установками грунтового водопонижения.

Открытый водоотлив (рис.2) применяют для поддержания котлована в осушенном состоянии в грунтах, устойчивых против фильтрационных деформаций. В мелкозернистых грунтах предусматривают мероприятия, предупреждающие разрушение откосов и дна котлована (устройство дренажной пригрузки по всей площади мокрого откоса котлована).

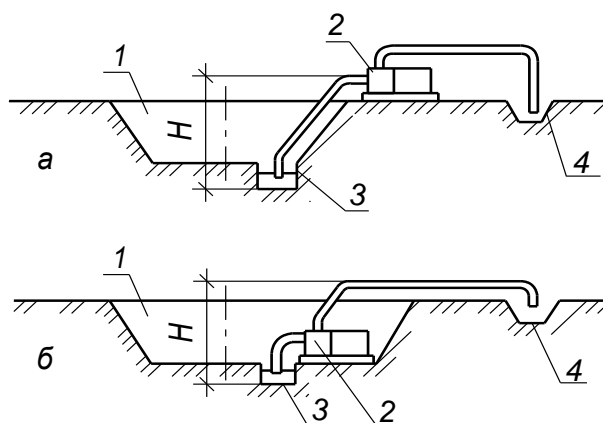


Рис. 2. Схемы осушения котлованов открытым водоотливом:
а – при малой глубине котлована; *б* – при большой глубине котлована;
 1 – котлован; 2 – насосный агрегат; 3 – приямок; 4 – водоотводная канавка

Водосборную систему устраивают обычно по всему периметру котлована, на самых низких его отметках. Размеры канав и колодцев рассчитывают в зависимости от ожидаемого притока в них. Дренажные канавы выполняют с уклоном 0,002...0,005 в сторону водосборного колодца. Его размер в плане порядка 1,5×1,5 м, глубина должна быть 2 м и более в зависимости от мощности насоса. Минимальный размер колодца выбирают исходя из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин. Колодец крепят по периметру, на дне устраивают обратный фильтр. В суффозионно-неустойчивых грунтах обратный фильтр устраивают и по периметру колодца за его креплением. В качестве насосных агрегатов применяют самовсасывающие центробежные насосы.

Различают два расчетных случая при определении притока воды в котлован: первый случай – котлован совершенный, доходит до водоупора и вода поступает в него только через откосы; второй – котлован несовершенного типа, водоупор находится на большой глубине и вода поступает и через откосы, и через дно (рис. 3). Приток воды в котлован определяют для установившегося движения при понижении УГВ до заданной отметки. При расчете притока воды совершенный котлован площадью F приводят к равновеликому кругу радиуса R_ϕ и определяют приток по формуле Дюпюи:

$$Q = \pi K_\phi \frac{H^2}{\ln \frac{R+r}{r}},$$

где Q – приток воды, м³/сут;

K_ϕ – коэффициент фильтрации грунта водоносной толщи, м/сут;

H – мощность безнапорного водоносного пласта, м;

R – радиус действия котлована или среднее расстояние от него до уреза воды в реке (принимается меньшее из них), м;

$$R = 2S\sqrt{K_{\phi}H};$$

r – приведенный радиус котлована, определяемый для квадратных или близких к кругу котлованов по формуле

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}};$$

для прямоугольных –

$$r = \sqrt{\frac{P}{2\pi}};$$

S – понижение УГВ в котловане, м.

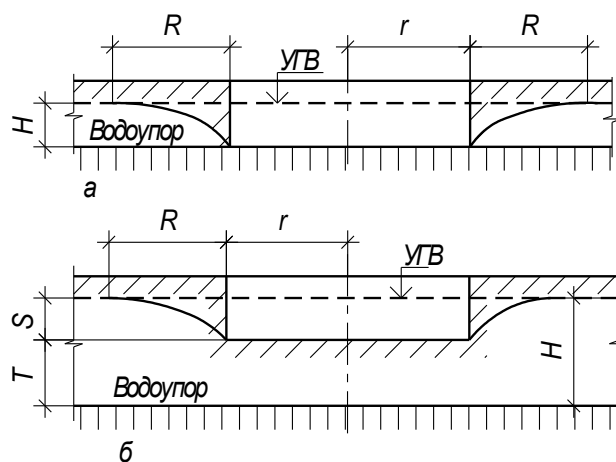


Рис. 3. Схемы притока воды в котлован: a – совершенный; b – несовершенный
Приток воды в несовершенный котлован круглой формы

$$Q = q_{\text{бн}} + q_{\text{н}},$$

где $q_{\text{бн}}$ – приток воды выше линии раздела безнапорной и напорной зон через стенки котлована;

$q_{\text{н}}$ – приток воды ниже линии раздела безнапорной и напорной зон через дно.

Приток $q_{\text{бн}}$ определяется как и для совершенных котлованов. Значение $q_{\text{н}}$ определяется по формуле В. Д. Бабушкина.

Необходимое число насосных установок определяют по формуле

$$N_n = \frac{\Sigma Q}{P_y} n,$$

где ΣQ – суммарный расчетный приток воды к котловану, м³/ч;

P_y – производительность насосной установки, м³/ч;

$n = 1,5$ – коэффициент резерва мощности насосных установок.

Насосный агрегат размещают на берме котлована или на перемычке, а если глубина котлована превышает высоту всасывания – на промежуточной берме.

Грунтовое водопонижение.

Под грунтовым водопонижением понимают местное искусственное понижение УГВ откачкой воды из систем водопонижительных скважин и глубоких колодцев. Шахтные колодцы из-за трудоемкости и длительного срока устройства практически не применяются – используются исключительно трубчатые. При откачке воды вокруг скважин или колодцев образуется депрессионная воронка, радиус которой и глубина понижения уровня воды вблизи этих выработок зависят от проницаемости грунта, мощности водоносного слоя и интенсивности откачки. Каждая водопонижительная скважина осушает сравнительно небольшой объем грунта. Для осушения большого массива вокруг котлована создают систему водопонижительных скважин и колодцев, образующую сплошной контур водопонижения.

В зависимости от размеров котлована, глубины расположения водоупора, фильтрационных свойств грунтов, наличия оборудования задачи понижения УГВ решаются двумя вариантами: меньшим количеством глубоких колодцев или большим количеством колодцев меньшей глубины. Совершенствование водопонижительных установок идет по этим двум направлениям. По первому варианту осушение осуществляется малым количеством глубоких скважин, размещенных, например, по углам котлована, или даже одиночной скважиной при его малых размерах. По второму – используется большое количество относительно неглубоких скважин (рис.4).

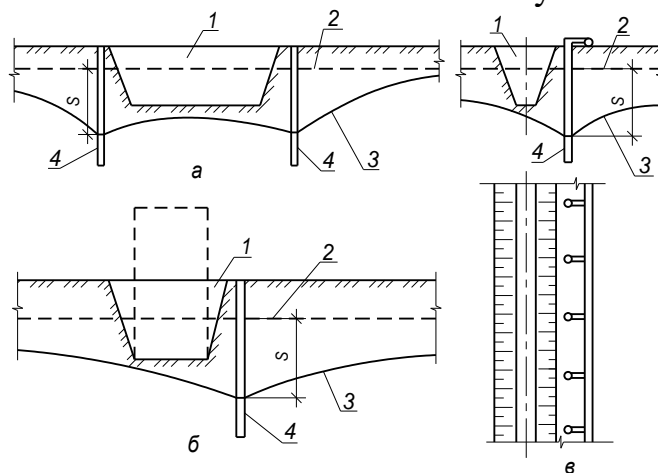


Рис. 4. Схемы осушения котлованов понижением уровня грунтовых вод:

а – системой скважин; *б* – одиночной скважиной; *в* – линейной системой скважин;

1 – котлован; 2 – уровень грунтовых вод до водопонижения;

3 – сниженные уровни грунтовых вод; 4 – скважины

Кроме осушения и защиты котлована от притока воды грунтовый водоотлив предохраняет откосы и основание котлована от суффозионных деформаций и разрушения напорными водами. При грунтовом водоотливе УГВ понижают ниже самой глубокой точки котлована. При этом движение воды происходит по направлению от котлована к скважине, что исключает возможность образования восходящих токов воды, которые могли бы разрыхлитель или даже разрушить основание. Как отмечено выше, грунтовое водопонижение производят в основном установками с легкими или эжекторными иглофильтрами и трубчатыми фильтровыми колодцами с погружными насосами.

Установки с легкими иглофильтрами применяют при понижении УГВ до 5 м. Они представляют собой систему фильтровых колодцев малого диаметра, расположенных по периметру котлована, и состоят из иглофильтров, погруженных в грунт на глубину до 7...8 м, всасывающего водосборного коллектора, насосного агрегата и отводящего гибкого трубопровода (рис. 5). Комплект существующих легких иглофильтровых установок включает звенья труб коллектора общей длиной 90...100 м и 100 иглофильтров.

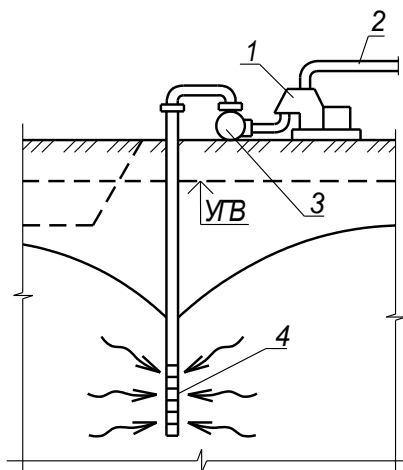


Рис. 5. Схема оборудования для понижения уровня грунтовых вод:
 1 – насосный агрегат; 2 – напорный отводящий трубопровод;
 3 – водосборный коллектор от скважин; 4 – скважина

Иглофильтр состоит из фильтрового звена, через которое из грунта поступает вода, надфильтровой колонны труб и наконечника с зубчатой коронкой. Надфильтровая колонна труб собирается свинчиванием на герметике из отдельных звеньев. Фильтровое звено (рис. 6) длиной 1 м представляет собой перфорированную стальную трубу диаметром 50 мм. К обоим концам трубы приварены муфты. На верхнюю муфту навинчивается надфильтровое звено, а на нижнюю – наконечник с фрезой и плавающим клапаном. Внутри перфорированной трубы вставлена стальная труба меньшего диаметра. Верхний конец этой трубы развальцован к наружной трубе и муфте. Такая конструкция фильтровой части позволяет не прекращать работу из-за срыва вакуума при снижении горизонта вод ниже верхней

границы фильтрового звена. Поверхность наружной трубы обернута просмоленным шпагатом или проволокой с шагом витков 8...10 мм и слоями фильтрующей и защитной сетки.

При откачке агрессивных вод и осушении тонкозернистых грунтов можно применять иглофильтры, у которых фильтрующая сетка заменена песчано-гравийными клеевыми фильтрами и блоками из пористой керамики.

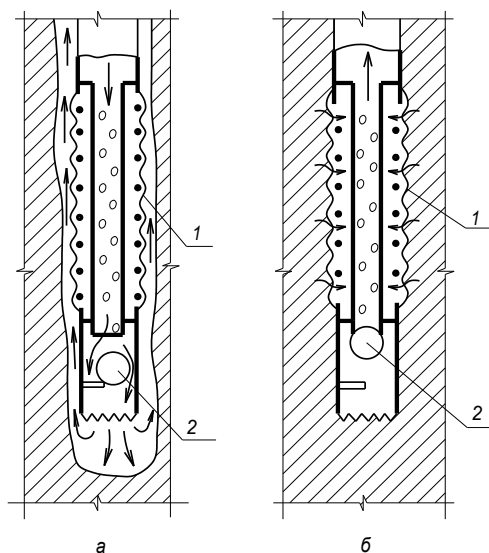


Рис. 6. Фильтровое звено легкой иглофильтровой установки:
а – при погружении иглофильтра; *б* – при откачке воды из скважины;
1 – фильтр; 2 – шаровой клапан

По способу погружения иглофильтров грунты разделены на следующие группы:

- II – пески крупнозернистые;
- III – пески гравелистые;
- IV – пески тонкозернистые и супеси;
- V – глинистые грунты.

В грунтах II и III групп иглофильтры погружаются гидравлическим способом, в грунтах IV группы – иглофильтр помещается в обсадную трубу – погружение осуществляется гидравлическим способом. В глинистых грунтах (V группа) иглофильтры погружаются краном в предварительно пробуренную скважину с песчано-гравийной обсыпкой.

Наиболее часто погружение иглофильтров производится гидравлическим способом. Для этого в надфильтровую трубу подается вода. Рекомендуемое давление: в мелкозернистых песках – 0,4 МПа, в крупнозернистых и гравелистых – 0,8 МПа, расход – соответственно 6...8 и 10...12 л/с. В первом случае требуемые параметры способен создать штатный насосный агрегат иглофильтровой установки, во втором – требуется специальный насос.

При подаче воды в иглофильтр клапан отжимается вниз, вода выходит из наконечника фильтра с большой скоростью и размывает грунт, образуя

скважину диаметром 100...200 мм, в которую под действием собственной силы тяжести погружается иглофильтр. При гидропогружении в крупнообломочных грунтах и гравелистых песках необходимо подавать в забой смесь воды со сжатым воздухом (песчано-гравийная обсыпка при этом не требуется). При погружении игла в этом случае «расхаживается» для образования воронки. Если грунт с прослойками глины, обычное погружение затруднено. Рекомендуется сначала погружать надфильтровую трубу (без фильтра), затем она извлекается, устанавливается фильтр и повторно погружается на требуемую глубину.

Вокруг иглофильтров, погруженных в мелкозернистые пески и грунты, содержащие значительные примеси глинистых частиц, а также глинистые или илистые прослойки, устраивается песчано-гравийная обсыпка после погружения иглофильтров до проектной глубины. Для этого скважину в течение нескольких минут (1...2 мин) промывают, не заглубляя иглофильтра, а затем резко сокращают подачу воды и в затрубное пространство при малой подаче воды засыпают песчано-гравийную смесь до УГВ. Верхнюю часть скважины заделывают глиняным тампоном. При этом расчетный диаметр фильтровой обсыпки для определения водозахватывающей способности принимается равным 15...20 см.

Иглофильтры при помощи гибких шлангов или труб присоединяются к всасывающему коллектору, который собирается из звеньев стальных труб диаметром 150...200 мм со штуцерами (через 0,60...0,75 м) и укладывается как можно ближе к УГВ. Иглофильтры могут быть присоединены либо ко всем штуцерам, либо к части из них, а свободные в этом случае закрывают заглушками. Извлечение иглофильтров при демонтаже установки осуществляется краном или самоходной буровой установкой.

Откачка воды из системы с легкими иглофильтрами производится насосным агрегатом, состоящим из центробежного насоса, соединенного с вакуум-насосом. В установках малой производительности используется только один вихревой самовсасывающий насос.

При больших размерах контура водопонижения (периметра котлована) водосборный коллектор разбивается на отдельные секции, имеющие самостоятельные насосные агрегаты. Обычно в современных установках применяются центробежные насосы с максимальной высотой всасывания до 8...9 м. Но так как ось насоса находится выше поверхности земли (уровня размещения агрегата) примерно на 0,7 м, потери напора на преодоление сопротивлений во всасывающих коммуникациях и фильтрах составляют около 0,8 м, а разница в отметках пониженного горизонта у наружной части фильтра и в центре котлована равна 0,5...2,5 м, максимальное снижение УГВ в центре котлована (при рас-положении иглофильтров в один ярус) составляет не более 4...5 м. При осушении котлованов на большую глубину иглофильтровые установки располагают несколькими ярусами. Однако многоярусные установки загромаздают котлованы и создают дополнительные неудобства.

Легкие иглофильтровые установки применяются при строительстве ГТС на нескальных основаниях из песчано-гравелистых и супесчаных грунтов,

имеющих коэффициент фильтрации от 1 до 100 м/сут. Объясняется это простотой монтажа и эксплуатации иглофильтров. Наибольший эффект достигается в песчаных грунтах с $K_f = 4 \dots 40$ м/сут.

Установки с эжекторными иглофильтрами откачивают воду из скважин с помощью водоструйных насосов-эжекторов (рис. 7).

Принцип действия насосов-эжекторов основан на непосредственной передаче энергии одним потоком другому без применения каких-либо механизмов.

Эжекторная установка приводится в действие рабочей водой, поступающей под давлением 0,7...0,8 МПа в кольцевое пространство между внутренней и наружной колоннами труб иглофильтра и далее к выходному окну эжектора, состоящему из насадки, камеры смешения, горловины и диффузора. Рабочая вода (рис. 7.8), выходя из насадки с большой скоростью, создает разрежение, подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду и, смешиваясь с ней, изливается через сливную трубу в водоотводящий самотечный лоток и далее в циркуляционный резервуар. Из него часть воды снова забирается насосом, а остальная сбрасывается за пределы стройплощадки. Эжекторная установка без циркуляционного резервуара отличается от рассмотренной тем, что подает откачиваемую воду в трубопровод, который перекачивает ее за пределы котлована.

Эжекторные установки понижают УГВ на глубину 8...20 м, однако имеют низкий КПД.

Установки вакуумного водопонижения. При работе иглофильтровой установки вакуумного водопонижения из зоны гравийной обсыпки вокруг фильтрового звена и прилегающего грунта отсасывается воздух. Давление в этой зоне становится ниже атмосферного, в результате чего создается дополнительный градиент давления и приток к иглофильтру усиливается. Этому способствует также освобождение пор грунта от защемленного воздуха. Эффект вакуумного водопонижения увеличивается при регулируемом впуске воздуха в зоне расположения иглофильтров, для чего в состав иглофильтра включены воз-душная трубка и дроссель в ее верхней части.

Известны установки этого типа УВВ-1, УВВ-2, УВВ-3 и УВВ-4.

В установке УВВ-1 откачка и воды, и воздуха осуществляется водокольцевым вакуум-насосом. В установках УВВ-2 и УВВ-3 (рис. 9) функции откачки воды и воздуха разделены: вода откачивается водоводяным, а воздух – водовоздушными эжекторами, причем в УВВ-3 – два водовоздушных эжектора. Их недостаток – низкий КПД. Наиболее совершенной является установка УВВ-4 (рис.10), в которой откачка воды осуществляется водоводяным эжектором, питаемым центробежным насосом, а откачка воздуха – водокольцевым вакуум-насосом ВВН 1-3. Преимуществом установки является более высокий КПД, чем у УВВ-2 и УВВ-3, высокая эффективность и надежность по сравнению с УВВ-1. Установку УВВ-4 наиболее рационально применять в тонкозернистых песках, супесях, легких суглинках с коэффициентом фильтрации 0,02...0,50 м/сут, а в отдельных

случаях – 2...3 м/сут.

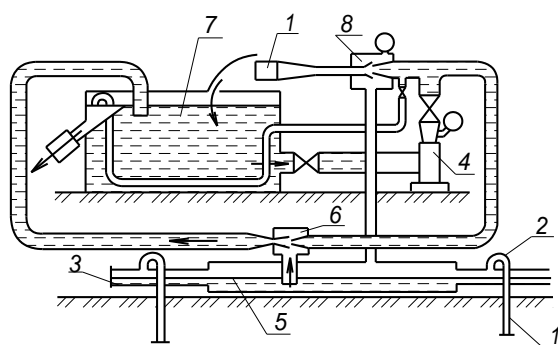


Рис. 9. Схема установки вакуумного водопонижения УВВ-2:

- 1 – иглофильтр; 2 – соединительный рукав; 3 – всасывающий коллектор;
4 – центробежный насос; 5 – труба приемного блока; 6 – водоводяной эжектор;
7 – циркуляционный бак; 8 – водовоздушный эжектор

Осушение глинистых грунтов и илов, имеющих коэффициент фильтрации менее 0,02 м/сут, производится методом электроосмоса. Суть метода состоит в том, что при погружении электродов в обводненной глинистый грунт и пропуске через них постоянного тока напряжением 30...60 В и силой около 1 А/м² цепь замыкается, так как положительно заряженные молекулы воды будут перемещаться к катоду. В качестве катода используются иглофильтры, погруженные вдоль контура осушения, анода – металлические стержни, погруженные в грунт на расстоянии 0,6...2,0 м от линии иглофильтров. Расстояние между иглофильтрами применяют до 1 м. Электроды погружают в грунт на глубину, равную необходимой глубине понижения УГВ.

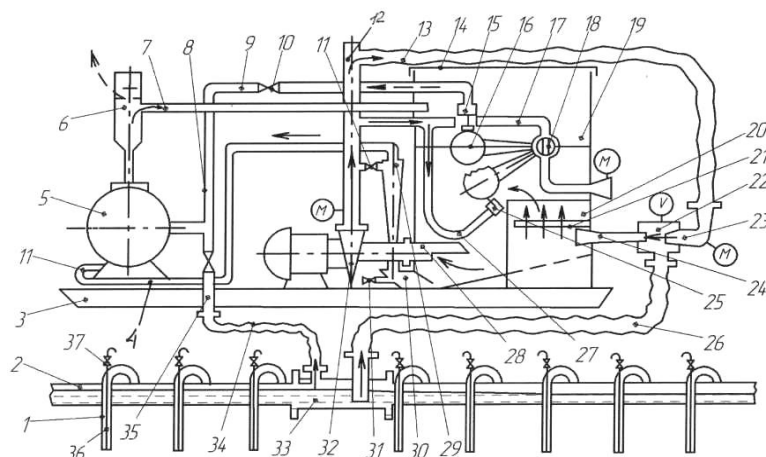


Рис. 10. Схема установки вакуумного водопонижения УВВ-4:

1 – иглофильтр с воздушной трубкой; 2 – коллектор; 3 – рама; 4 – трубка для подвода воды; 5 – насос; 6 – водоотделитель; 7 – труба водоотводящая; 8, 10, 11 – краны; 9 – линия воздушная; 12 – распределитель; 13 – рукав напорный; 14 – крышка; 15 – клапан воздушный; 16 – поплавок; 17 – сбросная линия; 18 – клапан регулирующий; 19 – бак циркуляционный; 20 – водослив; 21 – отражатель потока; 22 – камера приемная эжектора; 23 – сопло; 24 – камера смешения с диффузором; 25 – клапан водяной; 26 – рукав соединительный; 27 – линия перепускная; 28 – всасывающий патрубок; 29 – гидроциклон; 30 – шламонакопитель; 31 – кран сливной; 32 – насос центробежный; 33 – приемный блок коллектора; 34 – соединительный шланг; 35 – приемная линия вакуумного насоса; 36 – воздушная трубка; 37 – дроссель

По опытным данным расход электроэнергии составляет примерно $2 \dots 10$ кВт · ч/м³, что ограничивает применение данного способа исключительно случаями для осушения малых котлованов.

Подбор оборудования для водопонижения выполняется исходя из величины притока воды к системе взаимодействующих скважин. Определение ожидаемого притока сопряжено с выполнением трудоемких гидрогеологических расчетов.

На стадии предварительных расчетов целесообразно использовать упрощенные методики.

1. Определяется приток воды в котлован с контурной водопонижительной установкой (при площади котлована до 1600 м²):

$$Q = \alpha K_{\phi} S,$$

где α – коэффициент, зависящий от площади котлована F ; определяется по графику (рис. 7.11, а);

S – необходимое понижение уровня воды в котловане, м.

По графику (рис. 11, б) в зависимости от K_{ϕ} и диаметра фильтра определяется захватная способность (удельная производительность) одного иглофильтра q .

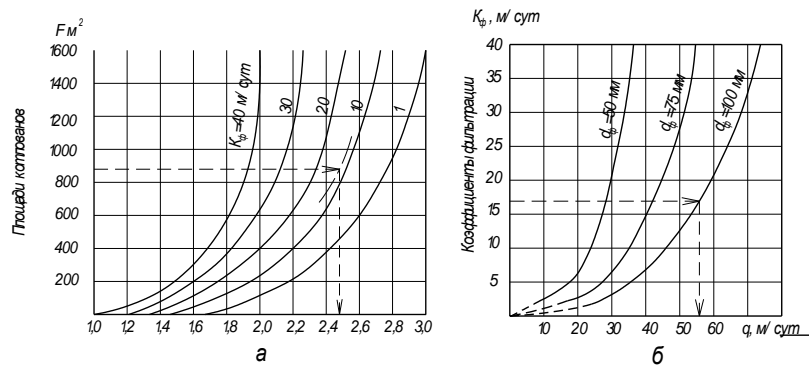


Рис. 11. Графики для приближенного расчета водопонижения:
 а – для определения коэффициента α ; б – предельная производительность скважин диаметром d_{ϕ}

Определяется необходимое число иглофильтров:

$$n = \frac{Q}{q}$$

2. Определяется ожидаемый приток воды в условный котлован, площадь которого ограничена скважинами (аналогично расчету притока при открытом водоотливе).

Назначается расстояние между скважинами l_c : для легких иглофильтровых установок 0,75...3,0 м (при необходимой глубине понижения УГВ соответственно 4...3 м).

Исходя из периметра котлована по линии скважин, определяется количество иглофильтров:

$$n = \frac{P}{l_c}$$

Определяется расход откачки, приходящийся на один иглофильтр (скважину):

$$Q_1 = \frac{Q}{n}$$

Определяется водозахватная способность одной скважины

$$q = \pi d l_{\phi} v_{\text{ср}},$$

где d – диаметр фильтровой обсыпки или фильтровой колонны, м;

l_{ϕ} – длина фильтрового звена (для ЛИУ $l_{\phi} = 1$ м);

$v_{\text{ср}}$ – допустимая скорость фильтрации на входе в фильтр; определяется по формуле С. К. Абрамова:

$$v_{\text{ср}} = 65 \sqrt[3]{K_{\phi}}$$

Сравнивается расчетный расход откачки и водозахватная способность (необходимо, чтобы соблюдалось условие $Q_1 \leq q$). Если неравенство не выполняется – увеличивают число скважин, изменяют длину и диаметр фильтра или используют песчано-гравийную обсыпку фильтров.

3. Технология производства бетонных и железобетонных и монтажных работ при строительстве гидротехнических сооружений

Приготовление бетонной смеси представляет собой технологический процесс, включающий прием и хранение компонентов бетонной смеси, дозирование их в заданных количествах, перемешивание и выдачу в транспортные средства. Приготовление бетонной смеси осуществляется в бетонном хозяйстве, в состав которого входят: бетонный завод, склады заполнителей и цемента, установки для подготовки, подогрева или охлаждения заполнителей и воды. Кроме того, в состав бетонного хозяйства могут входить установки контрольного грохочения и промывки заполнителей, классификации и промывки песка, компрессорные и холодильные станции. Обязательными элементами бетонных хозяйств являются бетонная лаборатория и установка промывки бетоновозных транспортных средств (кузовомоечная).

Современное бетонное хозяйство представляет собой довольно сложный производственный комплекс с автоматизированным управлением всеми технологическими процессами приготовления бетонной смеси.

Основным узлом бетонного хозяйства, приготавливающим и выпускающим бетонную смесь, является бетонный завод. Производительность и другие производственные параметры остальных объектов бетонного хозяйства определяются производительностью бетонного завода, режимом его работы, количеством и ассортиментом марок выпускаемой бетонной смеси. Требуемая производительность бетонного завода зависит от требуемой интенсивности производства бетонных работ. В качестве расчетной принимается максимальная месячная интенсивность укладки бетона в сооружения, которая рассчитывается по графику производства бетонных работ. Исходя из этого условия, необходимую производительность цементобетонного завода ($P_{цбз}$, м³/ч), определяют по формуле

$$P_{цбз} = \frac{J_{мес}}{t_{ч}^{мес}} \cdot \frac{K_{нер}}{K_{вр}},$$

где $J_{мес}$ – максимальная месячная интенсивность бетонных работ, определяемая по календарному графику производства бетонных работ, м³/мес;

$t_{ч}^{мес}$ – месячный фонд рабочего времени, ч/мес;

$K_{нер}$ – коэффициент неравномерности бетонирования, принимаемый равным 1,3–1,4 (большее значение относится к мелким сооружениям);

$K_{вр}$ – коэффициент использования рабочего времени, принимаемый равным 0,85–0,90.

Необходимая производительность бетонного завода проверяется из условия непрерывности бетонирования наибольших по площади блоков по формуле

$$P_{цбз} \geq \frac{Fh_{сл}}{t_{сх} - t_{тр} - t_{ук}},$$

где F – площадь одновременно бетонлируемых блоков, определяемая по проекту производства бетонных работ, m^2 ;

$h_{сл}$ – толщина укладываемого слоя бетонной смеси, m (обычно не превышающая $1 m$);

$t_{сх}$ – время от момента затворения бетонной смеси до начала схватывания;

$t_{тр}$, $t_{ук}$ – время, необходимое соответственно на транспортирование и укладку бетонной смеси, $ч$.

Необходимую производительность бетонного завода принимают, сопоставляя данные, полученные по формулам, при этом принимают большее значение.

На основании рассчитанной таким образом требуемой производительности по каталогам типовых проектов подбирают необходимый типовой проект бетонного завода. Промышленность выпускает бетонные заводы производительностью $16, 27, 30, 55, 60, 110, 120$ и $240 m^3/ч$.

Для изготовления бетонного завода заводу-изготовителю достаточно сообщить шифр типового проекта. В гидротехническом строительстве типовые бетонные заводы применяют на малых и средних гидроузлах. При этом в ряде случаев из-за необходимости использования заполнителей с большим числом фракций требуется переустройство бункерного отделения путем увеличения числа бункеров заполнителей и цемента. Такие изменения в типовой проект вносятся в соответствии с дополнительным проектом бункерного отделения, который передается заводу-изготовителю одновременно с заказом на изготовление бетонного завода.

При строительстве крупных гидроузлов с большими объемами бетонных работ основной бетонный завод, как правило, изготавливается по индивидуальному проекту. Повторное использование бетонных заводов с других объектов всегда связано со значительными переделками не только технологической части, но и конструкций. Бетонные заводы по индивидуальным проектам обычно изготавливают несколько заводов-изготовителей, при этом комплектацию элементов строительных конструкций, технологического оборудования, а также средств автоматизации приходится выполнять самой строительной организации.

Существуют бетонные заводы цикличного действия, или порционной выдачи бетонной смеси, и непрерывного действия. Для гидротехнического строительства применяют бетонные заводы как цикличного, так и непрерывного действия в зависимости от требований к бетонной смеси, способов ее укладки и транспортирования или их сочетания. В состав любого бетонного завода входят: приемные и распределительные устройства компонентов бетонной смеси, бункеры для создания запаса материалов, дозирочные устройства, смесительные установки, устройства для выдачи готовой бетонной смеси на транспортные средства.

Бетонные заводы цикличного действия бывают двух типов: с

одноступенчатой (вертикальной) технологической схемой и двухступенчатой.

При **одноступенчатой схеме** (рис. 12) материалы по наклонной галерее поднимаются на верхний этаж здания бетонного завода, а затем под действием собственной силы тяжести перемещаются вниз, проходя по соответствующим технологическим отделениям: бункерному, дозировочному, смесительному. В нижней части бетонного завода приготовленная бетонная смесь выдается на транспорт. Эта технологическая схема является основной для приготовления гидротехнического бетона, используется при долговременной эксплуатации в одном пункте. Отличается малой площадью застройки, требуется однократный подъем материалов.

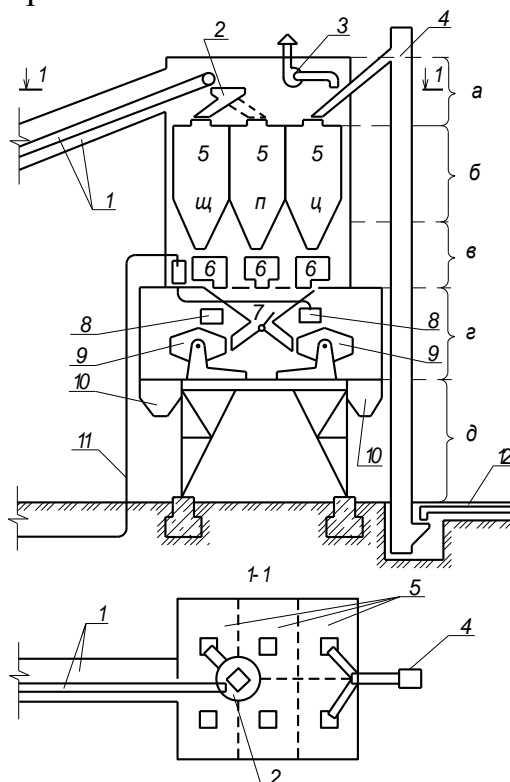


Рис. 12. Бетоносмесительная установка при одноступенчатой компоновке: 1 – наклонная галерея с транспортером; 2 – поворотная воронка; 3 – вентилятор; 4 – пневмотранспортер для цемента; 5 – расходные бункеры; 6 – дозаторы; 7 – сборный бункер; 8 – дозаторы для жидких добавок и воды; 9 – бетоносмесители; 10 – бункер выдачи готовой смеси; 11 – трубопровод; 12 – транспортер; а – надбункерное отделение; б – бункерное отделение; в – дозаторное отделение; г – смесительное отделение; д – отделение выдачи готовой смеси

В надбункерное отделение заполнители (песок, гравий, щебень) подаются чаще всего ленточным транспортером (одним или двумя), расположенным в наклонной галерее. В расходные бункеры эти материалы загружаются посредством поворотной воронки 2. Цемент в надбункерное помещение подается ленточным элеваторным подъемником или сжатым воздухом по трубчатому цементопроводу.

Расходные бункеры должны иметь вместимость в расчете на 2–6 ч работы цементобетонного завода (ЦБЗ). В нижней части каждого бункера имеется выходное отверстие, перекрываемое затвором.

Далее твердые компоненты поступают в дозаторы и сборный бункер 7, а затем поочередно в бетоносмесители 9. Готовая смесь выгружается в бункеры 10, а из них – в транспортные средства.

Большие преимущества имеет одноступенчатая схема при размещении бетонного завода у естественного уступа местности, закрепленного подпорной стенкой. При этом склады материалов располагаются на уровне бровки уступа, а ЦБЗ – на отметках ниже его, что упрощает подачу материалов в бункерное отделение (например, непосредственной разгрузкой автомобилей-самосвалов).

В соответствии с количеством расходных бункеров, дозаторов и бетоносмесителей возможны следующие решения: на каждый бетоносмеситель отдельный комплект бункеров и дозаторов или на каждый комплект бункеров и дозаторов два и более смесителя.

Наиболее выгодно используется оборудование при одном комплекте бункеров и дозаторов на два и более смесителя. Такая компоновка обеспечивает минимальный строительный объем здания и более компактное расположение оборудования.

Количество бетоносмесителей должно быть кратным двум, что позволяет обеспечить компоновку из типовых сборно-разборных установок, имеющих по два бетоносмесителя.

Выпускаются также заводы одноступенчатой компоновки с блочным унифицированным оборудованием. Одна секция такого ЦБЗ приведена на рис. 13.

Заполнители со складов подаются конвейером 7 в воронку 8 и вращающимся распределительным конвейером 9 загружаются в унифицированные бункеры 6. Цемент со склада подается пневмонагнетателем в бункеры 12, а дозируется дозатором 14, в который он подается шнеком 13. Дозирование заполнителей осуществляется многокомпонентным дозатором 4, в котором ленточными питателями 5 последовательно подается каждый компонент. Отдозированные сухие составляющие поступают в роторный смеситель 18, куда также подаются вода и жидкие добавки через соответствующие дозаторы. Готовая смесь загружается в бункер выдачи 19.

В зависимости от требуемой производительности ЦБЗ может комплектоваться необходимым количеством секций.

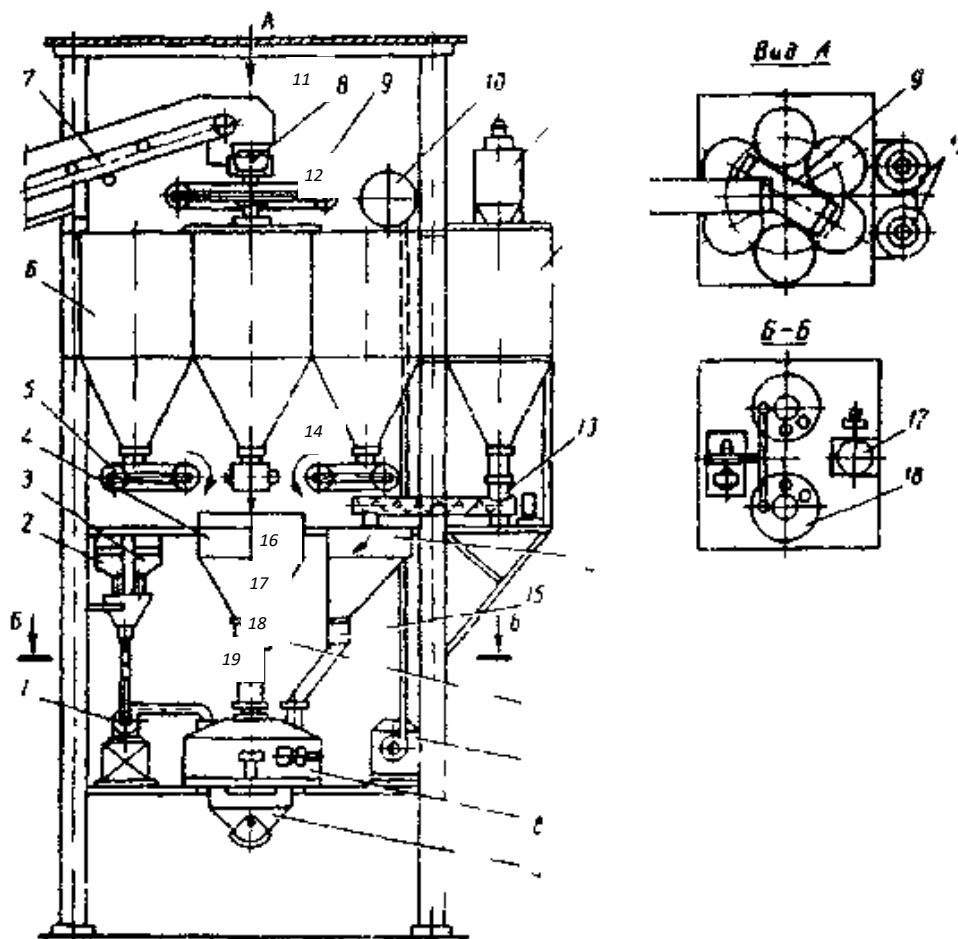


Рис. 13. Бетоносмесительный узел с блочным унифицированным оборудованием:
 1 – насос; 2, 3 – дозаторы жидких компонентов; 4 – дозатор; 5 – ленточные питатели;
 6 – расходные бункеры; 7 – конвейер; 8 – воронка; 9 – распределительный конвейер;
 10 – запасник воды; 11 – фильтр-уловитель; 12 – бункер для цемента; 13 – шнек;
 14 – дозатор цемента; 15, 16 – точки; 17 – установка для подогрева воды;
 18 – роторный смеситель; 19 – бункер выдачи готовой смеси

На рис. 14 представлена технологическая схема автоматизированной бетоносмесительной установки с турбулентными смесителями, имеющая производительность 50 м³/ч.

Цемент из емкостей 1 подается в бункер 29, а затем в дозатор 15 и далее в смеситель 9. Песок со склада 3 поступает на грохот 6 и в бункер 24, а щебень – в бункер 27, а затем в дозатор 22 и в смеситель 9. Вода в смеситель поступает из емкости 28 через клапан 17 и дозатор 16. Блочное исполнение ЦБЗ позволяет осуществлять быструю перебазировку и монтаж оборудования.

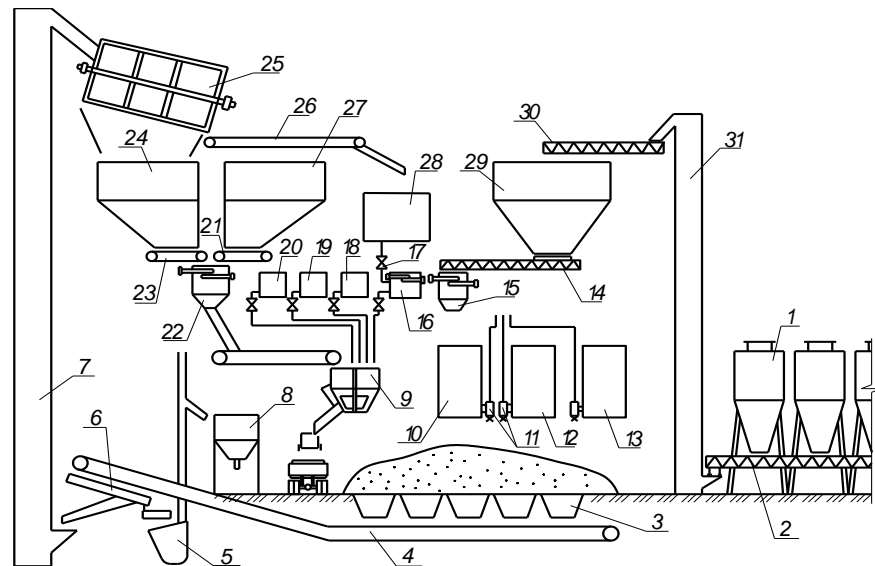


Рис. 14. Технологическая схема бетоносмесительного узла с турбулентным смесителем: 1 – силосы для цемента; 2 – шнек; 3 – склады заполнителей; 4 – транспортер; 5 – шахтный подъемник; 6 – грохот; 7 – элеватор; 8 – бункер для отходов; 9 – смеситель; 10, 12 – емкости для добавок; 11 – насос; 13 – бак для извести; 14, 21, 23 – питатели; 15, 16, 18, 19, 20, 22 – дозаторы; 17 – клапан; 24 – бункер для песка; 25 – пескосеялка; 26 – транспортер для щебня; 27 – бункер для щебня; 28 – емкость для воды; 29 – бункер для цемента; 30 – шнек для цемента; 31 – элеватор для цемента

При **двухступенчатой** схеме подъем материалов производится в два этапа: 1) первая часть установки, состоящая из бункерного и дозировочного отделений, принимает и дозирует материал; 2) отдозированный материал поднимают в смесительное отделение и узел выдачи на транспорт. На рис. 15 изображена двухступенчатая бетоносмесительная установка непрерывного действия производительностью 30 м³/ч, предназначенная для приготовления бетонных смесей при строительстве дорог, аэродромных покрытий и т. п. Заполнители из бункеров 1 через дозаторы 2 непрерывного действия, конвейеры 3 и 4 подаются в сборную воронку 9. Цемент из автоцементовозов поступает в силос 7, оборудованный фильтром 8, из которого через дозатор 6 подается в бетоносмеситель непрерывного действия, куда также подается вода насосом-дозатором 12.

Для контроля и настройки дозаторов непрерывного действия на откатываемой раме установлен дозатор 5 циклического действия. Размещение бункера и дозатора цемента непосредственно над смесителем упрощает схему подачи цемента и уменьшает его потери. Управление установкой вынесено в отдельный блок 11, что исключает влияние вибрации и шума на обслуживающий персонал.

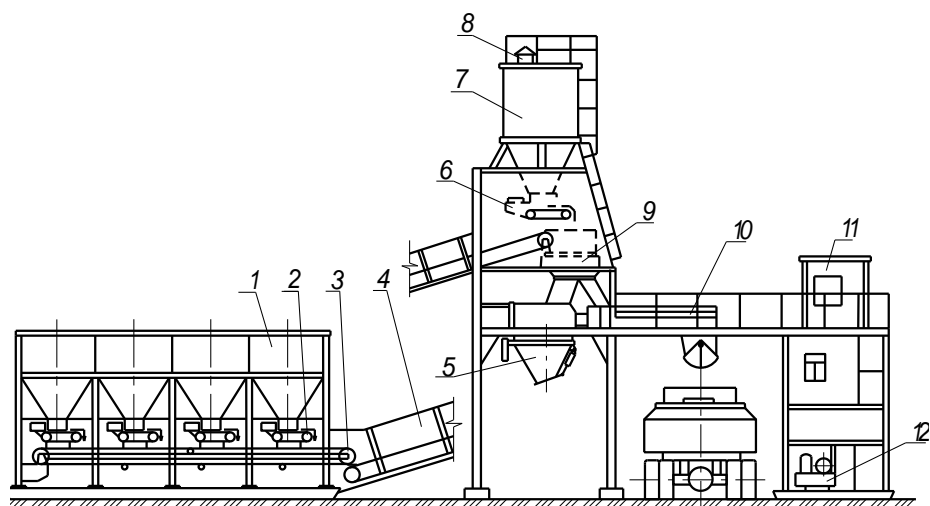


Рис. 15. Двухступенчатая бетоносмесительная установка непрерывного действия:
 1 – бункеры для заполнителей; 2 – дозаторы непрерывного действия;
 3, 4 – конвейеры; 5 – дозатор циклического действия; 6 – дозатор для цемента;
 7 – бункер для цемента; 8 – фильтр; 9 – сборная воронка; 10 – смеситель;
 11 – блок управления; 12 – насос-дозатор для воды

Заводы и установки этого типа обычно выпускают небольшой производительности, в гидротехническом строительстве они используются в основном в пионерный период строительства, а также в водохозяйственном, промышленном и гражданском строительстве.

Характерным для заводов такого типа является малая высота подъема, меньшие трудоемкость и стоимость монтажа, экономичность, поэтому они предпочтительнее при частых перебазировках. На небольших объектах водохозяйственного строительства при малой потребности в бетонной смеси находит применение приобъектная бетоносмесительная установка производительностью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, выполненная по двухступенчатой схеме (рис. 16).

Конструктивно современные бетонные заводы представляют собой сборно-разборную металлическую конструкцию с ограждением из щитов, обшитых асбофанерой или металлическим профилированным листом, утепленным войлоком или пенополистиролом. К зданию завода примыкает наклонная транспортерная галерея, имеющая угол наклона не более 18° с ленточным конвейером, соединяющая завод со складом заполнителей. В соответствии с технологической схемой и мощностью завода в транспортерной галерее располагается один или два ленточных конвейера с шириной ленты 650, 680 или 1200 мм, обеспечивающих подачу песка, щебня или гравия различных фракций в надбункерное отделение, где размещены приемные устройства каждого расходного бункера заполнителей и цемента, а также расходный бак воды и добавок. Здесь же установлен пульт с датчиками указателей уровня материалов в бункерах, показывающими наличие материалов в каждом бункере. Заполнители с конвейера выгружают в соответствующий бункер с помощью сбрасывающей тележки и поворотной

воронки, разгрузочный лоток которой устанавливается в соответствующее положение с центрального пульта управления. Цемент подают с помощью сжатого воздуха по пневмоцементопроводу.

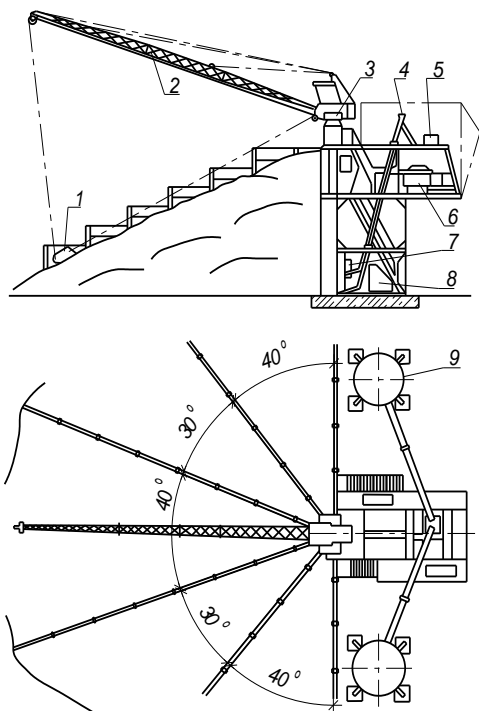


Рис. 16. Приобъектная бетоносмесительная установка:
 1 – ковш скреперного типа;
 2 – стрела; 3 – поворотная платформа; 4 – шнек для цемента; 5 – дозатор для цемента; 6 – роторный смеситель; 7 – дозатор для заполнителей; 8 – загрузочный

В бункерном этаже, как правило, размещены шесть бункеров: два – для цемента, один – для песка и три – для крупных заполнителей. В гидротехническом строительстве в ряде случаев необходимо применение двух фракций песка и четырех фракций крупного заполнителя, при этом число бункеров увеличивают для песка до двух и для крупного заполнителя до четырех. Вместимость расходных бункеров рассчитана на 1,5–2,0 ч работы бетонного завода.

Разгрузочные отверстия расходных бункеров заполнителей и цемента входят в дозировочное отделение, в котором, как правило, на каждые два бункера заполнителя устанавливают по одному дозатору: один – для цемента, один – для песка и один-два – для крупного заполнителя. Дозирование всех материалов, кроме жидких, осуществляется только по массе. Здесь же установлен один дозатор для воды и один для жидких добавок.

Процессы загрузки и взвешивания материалов на современных заводах автоматизированы. Материал из расходного бункера в соответствующий бункер дозатора подается путем автоматического открывания затвора бункера и загрузки бетоносмесителей. После завершения дозирования затворы мерных бункеров открываются и отдозированные на один замес материалы поступают в сборный бункер смесительного отделения.

В смесительном отделении размещены бетоносмесители циклического действия, сборный бункер и поворотная воронка, обеспечивающая загрузку бетоносмесителей отдозированными материалами. Перед наполнением сборного бункера загрузочный желоб поворотной воронки совмещается с загрузочным отверстием бетоносмесителя, из которой производится загрузка

материалов в бетоносмеситель.

Бетоносмесители в смесительном отделении могут располагаться в одну или две линии (линейная компоновка) или в блок по четыре бетоносмесителя с выгрузкой в общий раздаточный бункер (гнездовая компоновка). При линейном расположении бетоносмесителей одновременно можно выпускать бетонную смесь различных марок. При линейной компоновке транспортные коммуникации либо прокладывают между обеими линиями бетоносмесителей (общая коммуникация), либо для каждой линии устраивают самостоятельную транспортную линию. Гнездовая компоновка более экономична, так как каждая секция завода оборудована только одним групповым бункером для сухих материалов, рассчитанным на обслуживание всех бетоносмесителей гнезда, одним общим комплектом дозирочной аппаратуры и общим бункером для выгрузки готовой смеси. Гнездовая компоновка предпочтительна для заводов, выпускающих ограниченное число марок бетонной смеси, она обеспечивает быструю загрузку транспортных средств большой грузоподъемности и наиболее распространена в крупном гидротехническом строительстве.

На небольших заводах и бетоносмесительных установках, особенно специализирующихся на производстве товарного бетона, когда одновременно приготавливаются бетонные смеси различных марок, целесообразнее линейная компоновка бетоносмесителей.

Под смесительным отделением размещен узел выдачи бетонной смеси, представляющий собой открытое помещение, в верхней части которого установлен оборудованный затворами промежуточный бункер выдачи бетонной смеси, обеспечивающий регулирование выхода бетонной смеси из бетоносмесителей и загрузку транспортных средств.

Бетоносмесители являются ведущим технологическим оборудованием бетонного завода, вместимость и число которых определяют его производительность. В настоящее время на бетонных заводах применяют бетоносмесители двух типов: **гравитационные**, или свободного перемешивания бетонной смеси, и **принудительного перемешивания**.

Гравитационный бетоносмеситель представляет собой барабан грушевидной формы, на внутренней поверхности которого установлены неподвижные лопасти. Барабан с помощью привода вращается вокруг своей продольной оси. В процессе вращения загруженные в барабан материалы, свободно падая с лопастей, перемешиваются. В этих смесителях хорошо перемешиваются пластичные смеси; приготовление жестких бетонных смесей требует увеличения продолжительности цикла перемешивания. Выпускаются бетоносмесители следующих типов: с совмещенными отверстиями для загрузки и выгрузки с вместимостью по загрузке 750, 1500 и 3000 л; с раздельными отверстиями вместимостью по загрузке 500 и 1200 л.

Типичная конструкция стационарного гравитационного бетоносмесителя, которым комплектуются ЦБЗ и БСУ, показана на рис. 17.

При необходимости приготовление бетонной смеси на удаленных от стационарных ЦБЗ объектах применяют передвижные бетоносмесители с

вместимостью по выходу 330 л СБ-16Г (рис. 18), а при возведении мелких сооружений – СБ-116А (рис. 19).

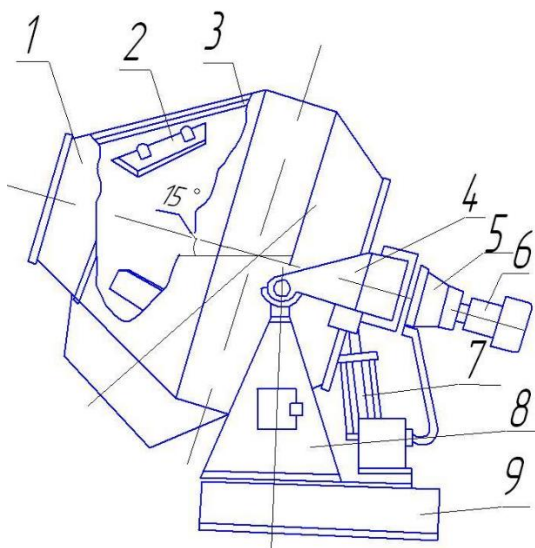


Рис. 17. Бетоносмеситель гравитационный стационарный:
 1 – барабан; 2 – смесительные лопасти;
 3 – облицовочные плиты; 4 – траверса;
 5 – редуктор; 6 – электродвигатель;
 7 – пневмоцилиндр; 8 – стойки; 9 – рама

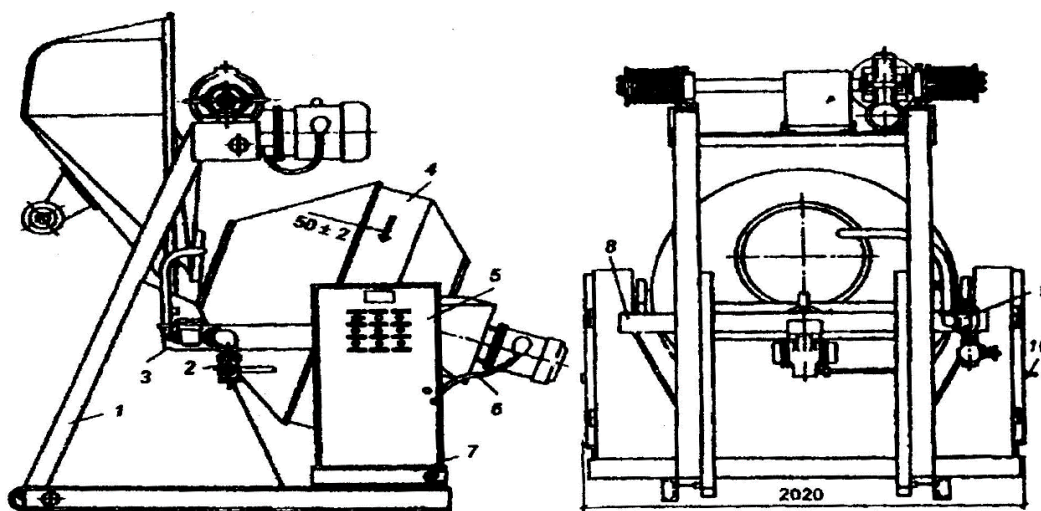


Рис. 18. Бетоносмеситель СБ-16Г:
 1 – стойка; 2 – дозатор для воды; 3 – правый швеллер; 4 – барабан;
 5, 6 – электрооборудование; 7 – рама; 8 – левый швеллер;
 9 – система подачи воды; 10 – ключ

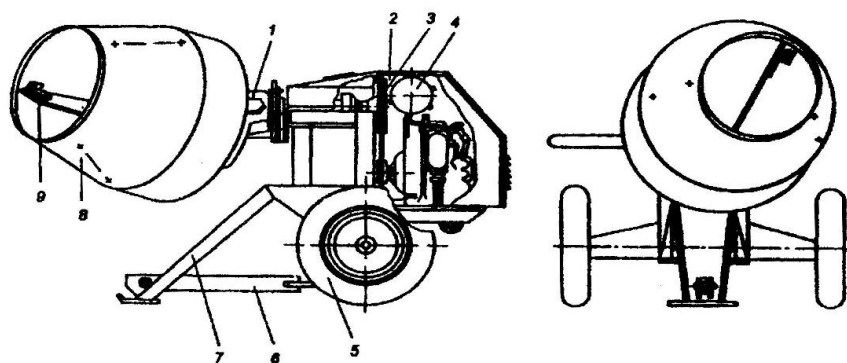


Рис. 19. Бетоносмеситель СБ-116А:

1 – редуктор; 2 – кожух; 3 – клиновой ремень; 4 – двигатель;
5 – колесо; 6 – дышло; 7 – рама; 8 – барабан; 9 – лопасть

Бетоносмеситель принудительного перемешивания состоит из неподвижного цилиндрического корпуса, крышки, перемешивающего механизма с приводом и затвора с пневмоприводом. Корпус смесителя сварной конструкции выполнен из двух цилиндрических обечаек, между которыми заключено рабочее пространство. Рабочие поверхности облицованы сменной броней из износостойкого материала. В днище корпуса имеется отверстие для выгрузки готовой бетонной смеси, в крышке – отверстие с приемной воронкой для загрузки компонентов. Перемешивающий механизм состоит из привода, вращающего крестообразную траверсу с укрепленными на ней лопастедержателями: двумя подгребающими и двумя очистительными.

Бетонная смесь лопастями подается к разгрузочному отверстию. Смесители принудительного перемешивания наиболее эффективны для жестких бетонных смесей любых консистенций. Приготовленная бетонная смесь разгружается в бункер-накопитель, откуда перегружается в транспортные средства. Промышленность выпускает бетоносмесители принудительного перемешивания вместимостью по загрузке 550, 1200 и 1500 л.

Наиболее эффективно приготовление жестких бетонных смесей осуществляется в турбулентных смесителях принудительного перемешивания (рис. 20).

Производительность (Π_3 , м³/ч) бетоносмесителей циклического действия определяют по формуле

$$\Pi_3 = \frac{3,6 \cdot L_3}{t_3 + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{в}}} K_{\text{вых}},$$

где L_3 – вместимость бетоносмесителя по загрузке, л;

t_3 – продолжительность загрузки компонентов, с (обычно принимаемая 15–20 с);

$t_{\text{п}}$ – продолжительность перемешивания, с (принимаемая для бетоносмесителей принудительного перемешивания 60 с, гравитационных в зависимости от пластичности бетонной смеси – 90–150 с);

t_p – продолжительность разгрузки, с (в зависимости от принципа опорожнения составляющая 10–20 с);

t_b – затрата времени на возврат барабана в исходное положение, с (равная 10–12 с);

$K_{\text{вых}}$ – коэффициент выхода, принимаемый равным 0,67.

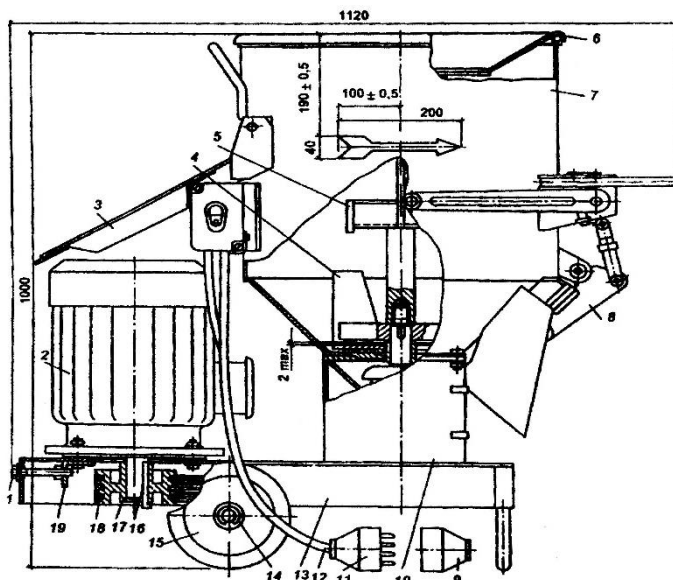


Рис. 20. Бетоносмеситель турбулентный принудительного перемешивания: 1 – натяжной болт; 2 – электродвигатель; 3 – щиток; 4 – ротор; 5 – лопасть; 6 – крышка; 7 – бак; 8 – разгрузочное устройство; 9 – розетка; 10 – ограждение; 11 – вилка; 12 – кабель; 13 – основание с приводным валом; 14 – стопорное кольцо; 15 – колесо; 16 – вал электродвигателя; 17 – шкив; 18 – ремень; 19 – салазки

Коэффициент выхода бетонной смеси – это отношение объема готовой смеси к суммарному объему всех компонентов на один замес. Его величина зависит от доз сухих компонентов на 1 м³ бетонной смеси и их плотностей.

Продолжительность цикла приготовления бетонной смеси обычно составляет от 1,5 до 3,5 мин.

Дозаторы компонентов бетонной смеси состоят из мерного бункера, подвешенного к весовой рычажной системе, весового шкафа и циферблатного указателя массы. В весовом шкафу имеется одно или несколько весовых коромысел с подвижными грузами, перемещение которых обеспечивает отвешивание заданных доз одного или нескольких составов бетонной смеси. Каждое коромысло имеет вывод на пульт оператора, что позволяет оператору в зависимости от заданного состава бетона с центрального пульта задействовать систему с нужным грузом. Циферблатный указатель фиксирует массу дозируемого материала.

Материалы из расходных бункеров в мерные поступают через воронки, оборудованные затворами. По мере приближения массы дозируемого материала к заданной затворы постепенно закрываются, уменьшая зазор выгрузочного отверстия. В момент достижения заданной массы затвор

полностью закрывается.

В современных дозаторах, устанавливаемых на автоматизированных бетонных заводах процессы загрузки и взвешивания автоматизированы. Дозаторы для жидкостей работают по аналогичной схеме.

В соответствии с требованиями нормативных документов точность дозирования материалов установлена в следующих пределах: для цемента и тонкомолотых дозируемых в виде порошка добавок – не ниже 2 %; для песка и крупного заполнителя – не ниже 2,5 %; для воды и жидких добавок, дозируемых в виде водных растворов, – не ниже 2 %.

Рекомендуется следующий порядок загрузки компонентов: в смеситель подается вода в количестве 15–20 % от необходимого на один замес, барабан включается с одновременной подачей остальных компонентов, не прекращая подачу воды.

Бетонные заводы непрерывного действия отличаются от заводов циклического действия тем, что процесс приготовления бетонной смеси – дозирование, перемешивание и выдача – осуществляется непрерывно. Эти заводы отличаются высокой производительностью и находят широкое применение при больших объемах бетонных работ и при значительном объеме одномарочного бетона.

На бетонных заводах непрерывного действия материалы для бетонной смеси непрерывно поступают в расходные бункеры, размещенные в ряд на одной раме. Песок и щебень (гравий) со складов заполнителей подают с помощью ленточных конвейеров, цемент – пневмотранспортом. Под бункерами размещен сборный ленточный конвейер, на ленту которого из бункеров через специальные весовые дозаторы непрерывного действия, оборудованные ленточными питателями, подают и укладывают в виде «слоеного пирога» отдозированные материалы. Цемент во избежание распыления и потерь укладывают между слоями заполнителей.

Отдозированную сухую смесь сборным ленточным конвейером подают в бетоносмеситель непрерывного действия, куда поступают вода и жидкие добавки. Бетоносмеситель непрерывного действия представляет собой барабан длиной 3,5–4,0 м, установленный горизонтально. Вдоль барабана расположены два вала с ковшеобразными или спиральными лопатками, вращающимися в противоположных направлениях. С помощью лопаток сухая смесь перемешивается с водой и жидкими добавками и выдается в раздаточный бункер, откуда грузится в транспортные средства.

Промышленностью серийно выпускаются бетонные заводы непрерывного действия производительностью одной технологической линии 15, 30 и 60 м³/ч бетонной смеси. В гидротехническом строительстве эти заводы применяют, как правило, для строительства промышленных и гражданских объектов в подготовительный период. Для строительства гидротехнических сооружений с большими объемами бетонных работ высокой интенсивности применяют заводы непрерывного действия с двумя–тремя технологическими линиями, изготавливаемыми по индивидуальным проектам.

Транспортировка бетонной смеси к местам укладки.

Бетонную смесь от бетонных заводов к месту укладки в гидротехнические сооружения транспортируют в автосамосвалах, автобетоновозах, автобетоносмесителях, бадьях или бункерах, установленных на автомобилях или железнодорожных платформах, вагонах-бетоновозах, а также ленточными конвейерами.

Автомобильное и железнодорожное транспортирование бетонной смеси называют **циклическим**, так как за один рейс перевозится определенный объем бетонной смеси; транспортирование ленточными конвейерами – **непрерывным**. Непрерывное транспортирование бетонной смеси в больших объемах на строительстве гидротехнических объектов распространено за рубежом при строительстве крупных бетонных плотин. Основными средствами транспортирования бетонной смеси на строительстве водохозяйственных объектов являются *автосамосвалы* и *автобетоновозы*.

При использовании автосамосвалов в целях уменьшения потерь бетонной смеси в пути в результате резких поворотов и торможения или в момент разгона рекомендуется наращивать борта кузова не менее чем на 40–50 см, а для уменьшения утечки жидкой фракции место примыкания заднего борта к кузову – уплотнять резиновыми прокладками. Объем бетонной смеси, перевозимой автосамосвалами общего назначения, составляет от 1,6 до 8 м³ в зависимости от грузоподъемности.

Автобетоновозы – автомобили, специально предназначенные для перевозки бетонных смесей и растворов. Они имеют высокий сферической формы кузов, расположенный в зоне минимальной вибрации базового автомобиля, благодаря чему снижается расслоение и разбрызгивание перевозимой бетонной смеси. Для предохранения бетонной смеси от воздействия атмосферных осадков кузов снабжен крышкой, а двойная обшивка стен кузова позволяет оборудовать кузов термоизолятором и подогревать смесь выхлопными газами (рис. 21).

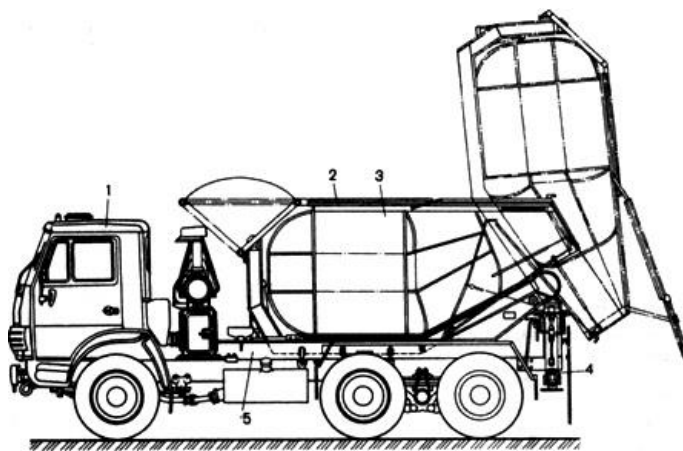


Рис. 21. Автобетоновоз:

1 – базовый автомобиль; 2 – крышка; 3 – кузов;
4 – подъемник; 5 – система подогрева кузова

Предельная дальность транспортирования бетонной смеси в

автосамосвалах и автобетоновозах без применения специальных добавок – замедлителей схватывания допускается не свыше 15 км. При транспортировании бетонной смеси на большие расстояния в качестве замедлителей схватывания бетона используют кормовую сахарную патоку, которая является наиболее эффективной из известных в настоящее время добавок такого рода. Количество вводимых добавок определяет бетонная лаборатория в зависимости от климатических условий района строительства, дальности перевозки бетонной смеси, качества материалов, ее составляющих, и состояния дорожного покрытия. После выгрузки бетонной смеси кузов автосамосвала или автобетоновоза не реже чем 2–3 раза в смену очищают и промывают на специальных кузовомоечных установках.

Объем бетонной смеси, перевозимой за смену одним автосамосвалом или автобетоновозом (Q , м³/смену) определяется по формуле

$$Q = 60qT_{\text{ц}}T_{\text{см}}K_{\text{в}} = 60 \cdot q \cdot \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}} \cdot K_{\text{в}},$$

где q – объем бетонной смеси, перевозимой в кузове за один рейс, м³;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования рабочего времени, учитывающий регламентированные перерывы (принимается равным 0,8–0,9);

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла транспортирования бетонной смеси, мин;

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{загр}} + t_{\text{г.пр}} + t_{\text{выгр}} + t_{\text{х.х}} + t_{\text{оч}},$$

где $t_{\text{загр}}$ – продолжительность загрузки автосамосвала на бетонном заводе, определяемая в зависимости от производительности ЦБЗ и вместимости кузова, мин;

$t_{\text{г.пр}}$ – продолжительность грузового пробега от бетонного завода до места укладки бетонной смеси, мин;

$t_{\text{выгр}}$ – продолжительность выгрузки бетонной смеси из кузова, принимаемая равной 3 мин;

$t_{\text{х.х}}$ – продолжительность порожнего пробега к бетонному заводу, мин;

$t_{\text{оч}}$ – продолжительность очистки, промывки и обслуживания автомобиля, отнесенная к одному циклу, принимаемая равной 5 мин.

Потребность в рабочих автотранспортных средствах (N_a), необходимых для обеспечения требуемой интенсивности укладки бетонной смеси (J , м³/см) в блок бетонирования, определяется по формуле

$$N_a = \frac{J}{Q}.$$

Для доставки бетонной смеси при строительстве линейных или

рассредоточенных объектов, отдельных сооружений, сооружений оросительных и дренажных систем, мостовых опор, опор линий электропередачи, дюкеров, а также для выполнения ремонтных и аварийно-ремонтных работ используют **автобетоносмесители**, которые представляют собой передвижной бетоносмеситель, смонтированный на шасси автомобиля. В гидротехническом строительстве автобетоносмесители используют в основном для перевозки сильно расслаивающихся высокопластичных или литых (с осадкой конуса свыше 20 см) бетонных смесей.

При использовании автобетоносмесителей возможны два способа доставки бетонной смеси:

1) автобетоносмеситель на ЦБЗ загружают отдозированной сухой бетонной смесью (крупный и мелкий заполнитель, цемент) без воды и жидких добавок. В этом случае смесь можно транспортировать практически на неограниченное расстояние. После прибытия автобетоносмесителя к месту укладки или за некоторое время до его прибытия в бетоносмеситель из специальной емкости подается необходимое количество воды и добавок, смесь перемешивается и подается к месту укладки;

2) в автобетоносмеситель загружают готовую смесь, которая перед выгрузкой или в процессе транспортирования дополнительно перемешивается и выдается в бетонированное сооружение.

К недостаткам автобетоносмесителей относятся: большее по сравнению со временем перемешивания обычными бетоносмесителями время перемешивания бетонной смеси – не менее 15 мин; непригодность к эксплуатации в зимних условиях; значительно большая стоимость приготовления бетонной смеси и ее транспортирования по сравнению с другими видами ее приготовления и транспортирования; небольшая производительность. Поэтому автобетоносмесители не используют для массовой перевозки бетонной смеси в больших объемах.

Непрерывное транспортирование бетонной смеси от бетонного завода к месту укладки осуществляется с помощью **ленточных конвейеров**. Это весьма высокопроизводительный и достаточно мобильный способ ее транспортирования. В практике строительства наибольшая дальность подачи бетонной смеси ленточными конвейерами достигала 2000 м. Ленточными конвейерами можно подавать бетонную смесь как по горизонтали, так и наклонно. Жесткая и малоподвижная бетонная смесь может подаваться по наклонным конвейерам с уклоном до 15–18°. Секции ленточных конвейеров в зависимости от рельефа местности и разности отметок располагают либо на низких опорах, либо на эстакаде. Трасса конвейеров по возможности не должна иметь резких изломов в плане. Во избежание потерь цементного раствора верхняя транспортирующая лента должна быть лотковой конфигурации. За рубежом разработаны и находят применение при производстве бетонных работ ленточные конвейеры производительностью до 300 м³/ч при ширине ленты 600 мм. Ленточные конвейеры наиболее целесообразно применять в сочетании с бетонным заводом непрерывного действия. К недостаткам ленточных конвейеров относятся: сложность

прокладки трасс, нежелательность большого числа перегрузок во избежание расслоения бетонной смеси, необходимость утепления и обогрева конвейерных галерей в зимнее время.

Бетонирование сооружений с подачей бетонной смеси **бетонными насосами** наиболее целесообразно при возведении густоармированных бетонных сооружений, потому что использование бетонных насосов возможно при условии применения пластичных бетонных смесей с осадкой конуса не менее 4–6 см. Бетонная смесь при этих схемах бетонирования подается по трубопроводам, давление в которых создается бетононасосами или пневмобетоноукладчиками.

Известны конструкции бетононасосов производительностью 10, 20 и 40 м³/ч с дальностью подачи по горизонтали до 150 м и до 15 м по высоте. Подача бетонной смеси в бетононасосах осуществляется за счет давления, создаваемого механическим перемещением поршня; в пневмобетоноукладчиках давление создается сжатым до 0,7 МПа воздухом, подаваемым в рабочую камеру.

Установка для подачи бетонной смеси состоит из бетононасоса с приемным бункером и трубчатого звеньевое бетоновода. Диаметр бетоновода принимают в зависимости от крупности заполнителя: для бетонной смеси крупностью заполнителя до 40 мм – 150 мм, крупностью до 80 мм – 300 мм.

Бетонную смесь от бетонного завода на перегрузочную эстакаду бетононасосной установки, под которой устанавливают приемный бункер, подают автосамосвалы. Звенья бетоноводов (обычно длиной по 3 м) монтируют на простейших опорах. При возможности их располагают на ранее установленных арматурных конструкциях или забетонированных частях сооружения. Наиболее целесообразна установка бетононасосов непосредственно на бетонном заводе с размещением приемного устройства под раздаточным бункером смесительного отделения. Магистральную линию бетоновода укладывают с минимально возможным числом поворотов. Устройство поворотов под углом 90° допускается только в случае крайней необходимости. Вместо такого поворота лучше установить два колена под углом 45°, разделенных прямым звеном длиной 0,6–1,5 м.

Укладку бетонной смеси обычно начинают с наиболее отдаленного от бетононасоса участка. Во избежание засорения бетоновода и бетононасоса бетононасосная установка и бетоноводы периодически промывают. Для этого через каждую секцию бетоновода под напором воды проталкивают мягкий пыж из войлока, пакли или мешковины, затем пропускают металлический банщик с резиновой манжетой.

Бетонная смесь для использования в бетононасосной установке должна обладать повышенной связностью, однородностью структуры и удобоперекачиваемостью. Состав бетонной смеси должен быть подобран таким образом, чтобы при ее движении в бетоноводе постоянно сохранялся пристенный смазочный слой, зерна заполнителей не соприкасались между собой, а давление передавалось по жидкой фазе. Для этого необходимо, чтобы

объем цементного теста превышал объем пустот смеси крупных и мелких заполнителей не менее чем на 40 л/м^3 . Оптимальная подвижность бетонной смеси в отношении ее удобоперекачиваемости должна быть в пределах осадки конуса 6–8 см, а водоцементное отношение – 0,4–0,6. Жесткие, малоподвижные и литые несвязные бетонные смеси для перекачки по трубопроводам не пригодны. При использовании малоподвижных смесей сопротивление движению может оказаться больше давления, создаваемого бетононасосами, что приведет к закупорке бетоновода. Литые бетонные смеси в результате расслаивания из-за избытка свободной воды в трубопроводе и особенно в коленах и низких местах образуют пробки.

В качестве крупного заполнителя для бетонной смеси рекомендуется гравий или щебень, но не остроконечной формы. Максимальный размер крупного заполнителя должен быть не более 0,3 внутреннего диаметра бетоновода при использовании щебня и 0,4 при использовании гравия.

Удобоперекачиваемость может быть достигнута вследствие применения пластифицирующих добавок. Применение большого количества воздухововлекающих добавок может привести к отрицательным результатам, так как воздушные поры в бетонной смеси действуют как амортизирующая подушка, которая сжимается под воздействием давления поршня. При большой длине бетоновода величина сжатия «воздушной подушки» может превысить длину хода поршня и процесс перекачивания прекратится.

К достоинствам бетонирования сооружений с использованием бетононасосов относят: простоту оборудования и возможность укладки бетонной смеси в стесненных условиях, особенно в густоармированные конструкции; независимость от погодных условий; возможность обеспечения высоких интенсивностей укладки бетонной смеси; упрощение или ликвидацию операций по разравниванию бетонной смеси при укладке в железобетонные конструкции; меньшие затраты труда и электроэнергии. Если при конвейерном способе подачи бетонной смеси расход электроэнергии на 1 м^3 уложенного бетона составляет 5–8 кВт · ч, то при бетононасосном – 1,0–1,2 кВт · ч. Затраты труда при транспортировании бетонной смеси бетононасосами составляют 0,3–0,5 чел. · ч/ м^3 , конвейерами – около 2 чел. · ч/ м^3 .

К недостаткам этой схемы следует отнести: более жесткие требования, предъявляемые к составу бетонной смеси, ограничения по крупности заполнителя, недопустимость перерывов в подаче бетонной смеси, необходимость применения кранового оборудования для монтажа арматуры, опалубки и закладных частей.

Подача бетонной смеси. Укладка бетонной смеси.

Подача бетонной смеси к месту укладки осуществляется циклическими средствами при крановых схемах возведения или применения инвентарных мостиков и непрерывными способами при использовании ленточных конвейеров или бетононасосов.

Циклические средства подачи. При крановых схемах бетонную смесь

подают в бадьях. В строительстве применяют бадьи двух типов: поворотные и неповоротные. Поворотные бадьи изготавливают вместимостью 0,5 м³; 0,8; 1,0; 1,6; 2,0; 3,2; 6,4 и 8 м³, неповоротные – 8 м³ (рис. 22). Бадьи загружают из бетоновозов или автосамосвалов, имеющих вместимость, как правило, равную или кратную вместимости бадьи. Масса бадей составляет от 1 до 5 т и должна учитываться при подборе кранового оборудования. Бадьи вместимостью до 4 м³ имеют ручной привод затвора, а вместимостью 6,4 и 8 м³ – пневматический.

Бетонную смесь в блоки бетонирования при высоте сброса до 2 м подают прямым сбрасыванием, при высоте от 2 до 10 м во избежание ее расслоения – через специальные устройства, называемые звеньевыми хоботами, при высоте от 10 до 40 м – через виброхоботы.

Звеньевой хобот представляет собой трубопровод, составленный из конусных звеньев, соединенных между собой с помощью набросных петель. Минимальный диаметр звена должен быть в 3 раза больше максимальной крупности заполнителя. Длина звеньев составляет 600–1000 мм. Верхняя часть хобота для удобства его загрузки оборудуется загрузочной воронкой. Звеньевые хоботы применяют при работе с передвижных мостов и эстакад при бетонировании густоармированных конструкций. Для увеличения радиуса действия хобота нижний его конец можно оттягивать в сторону, но не более чем 0,25 м на каждый 1 м высоты, оставляя при этом два нижних звена вертикальными.

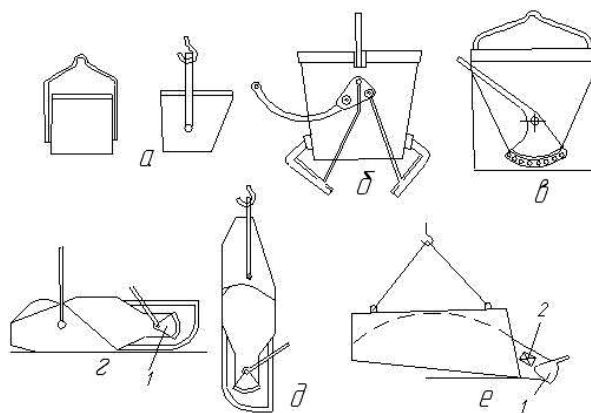


Рис. 22. Бадьи для бетонных смесей:

- а* – опрокидная; *б* – опрокидная с двухстворчатым плоским затвором; *в* – опрокидная с шторно-роликовым затвором;
- г* – ковш-бадь в положении загрузки; *д* – то же на крюке крана;
- е* – виброковш-бадь; *1* – секторный затвор; *2* – наружный вибратор

Виброхобот представляет собой гибкий трубопровод из звеньев диаметром 350 мм с раструбным соединением. Каждое звено с помощью зажимов крепится к двум стальным канатам. Для улучшения условий обслуживания при укорочении хобота в процессе бетонирования нижние звенья имеют быстроразъемные соединения. Загрузочная воронка виброхобота оборудуется устройством для опирания на пролетные строения эстакады. На загрузочной воронке и в звеньях через 4–8 м устанавливают

вибраторы, вибрация которых способствует прохождению бетонной смеси через виброхобот и предотвращает ее налипание на стенки. Для снижения скорости выхода бетонной смеси средние и последняя секции виброхобота снабжают специальными гасителями. Производительность виброхобота составляет около 25–30 м³/ч, что примерно соответствует производительности крана, работающего с бадьей вместимостью 3,2 м³, а при непрерывной подаче бетонной смеси она может достигать 150–200 м³/ч.

Для распределения бетонной смеси по блоку бетонирования применяют распределительные лотки, вибропитатели и виброжелоба длиной до 3 м, имеющие широкую приемную часть для загрузки бетонной смесью из автосамосвалов и узкую разгрузочную, выдающую смесь в конструкцию. На боковые стенки вибропитателей устанавливают вибраторы. Виброжелоба имеют полукруглое сечение диаметром 300–400 мм и длиной до 3,5 м. Путем последовательной установки нескольких виброжелобов бетонную смесь внутри блока можно подавать на расстояние 25–30 м. При применении вибропитателей и виброжелобов исключается необходимость перекидки бетонной смеси вручную, в результате чего предотвращается ее расслоение, снижается трудоемкость и повышается качество.

Основные средства подачи и распределения бетонной смеси приведены на рис. 23.

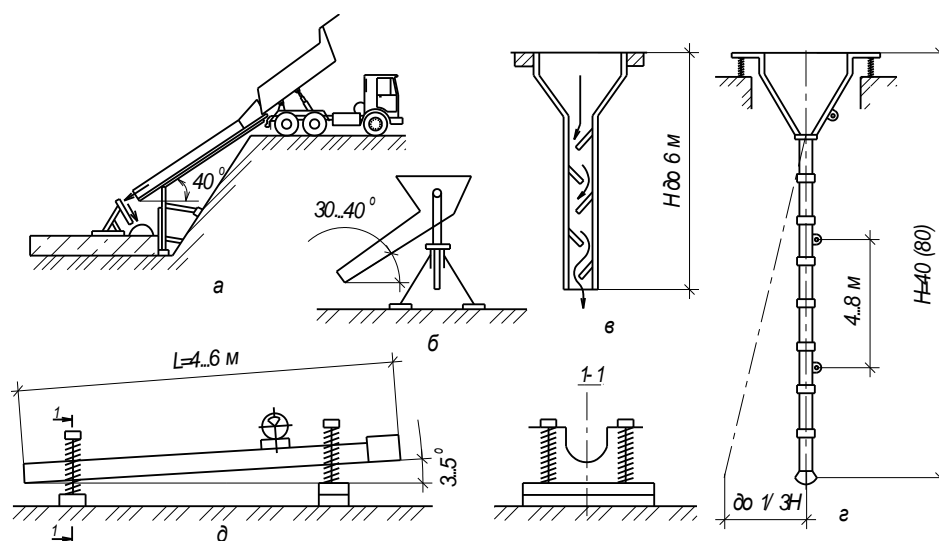


Рис. 23. Устройство для подачи и распределения бетонной смеси:
a – деревянный лоток и отбойный щит; *б* – поворотный лоток;
в – деревянный хобот; *г* – металлический виброхобот; *д* – вибролоток

В массивных слабоармированных конструкциях распределение бетонной смеси осуществляется с помощью малогабаритных электрических бульдозеров. Удельное давление у таких бульдозеров обычно не превышает 0,02 МПа, в связи с чем бульдозер легко перемещается по свежееуложенной бетонной смеси. Питающий кабель к бульдозеру подходит сверху через пружинный барабан, который постоянно удерживает его в натянутом состоянии.

Укладка бетонной смеси

Наибольшее распространение в строительстве имеют схемы послойной укладки бетонной смеси горизонтальными слоями толщиной от 0,3–0,5 до 1 м, а в отдельных случаях – 2,5–3,0 м.

Укладку бетонной смеси в блоки ведут, соблюдая определенные правила, отклонение от которых приводит к резкому ухудшению качества и долговечности сооружения.

В процессе укладки следует обеспечивать:

- тщательную подготовку всех контактных поверхностей и основания путем очистки и увлажнения;

- однородность структуры бетонного массива, которая может быть нарушена расслоением и распадом бетонной смеси при ее сбрысывании, разравнивании, перекидках;

- равномерное и качественное уплотнение без пустот и раковин, чем достигается высокая плотность и прочность бетона;

- отвод и равномерное рассеивание экзотермического тепла, выделяющегося в процессе гидратации, ограничивая размеры блоков, а при необходимости применять систему для охлаждения внутренних зон крупных блоков;

- уход за твердеющим бетоном с обеспечением необходимой влажности, а в зимнее время – температурного режима;

- недопущение преждевременных нагрузок и соблюдение сроков снятия опалубки.

Крупные бетонные и железобетонные сооружения по условиям их работы разделены на части конструктивными швами – осадочными, температурными, деформационными. Во всех случаях, когда возможно, укладку смеси следует вести непрерывно в границах таких конструктивных блоков. В то же время технологические свойства бетонной смеси и бетона в процессе набора ими прочности (выделение экзотермического тепла, большие усадочные деформации) и организационно-технические условия (межсменные перерывы, сложность точного закрепления высокой опалубки) не позволяют проводить укладку смеси в границах конструктивных блоков. Их приходится бетонировать по частям с делением на более мелкие, так называемые строительные или рабочие блоки. Размеры таких блоков должны обеспечивать относительно равномерное рассеивание тепла, удобство монтажа опалубки, подачи смеси к месту укладки и быть увязаны с производительностью установок и заводов бетонной смеси.

Строительным блоком называют часть конструктивного блока или сооружения, которую бетонируют за один прием без перерыва в укладке бетонной смеси.

Швы между строительными блоками являются временными, конструкции их и способы укладки бетона должны обеспечивать надежное сопряжение прежде уложенного бетона с бетоном более поздней укладки для получения в целом монолитного конструктивного блока.

По условиям твердения бетона и производства работ приходится

ограничивать объем, высоту и площадь строительного блока бетонирования.

Объем строительного блока из условия непрерывности укладки не должен превышать того количества бетона, которое может выдать бетоносмесительное предприятие до перерыва его в работе (за одну или две смены).

При трехсменной непрерывной работе ЦБЗ предельный объем строительного блока ограничивают из условия твердения и укладки бетона:

$$V_{\max} = F_{\max} H_{\max},$$

где F_{\max} , H_{\max} – наибольшие допустимые площадь и высота строительного блока бетонирования.

Наибольшую высоту строительных блоков ограничивают, исходя из следующих обстоятельств: возможность точной установки, простоты и надежности крепления щитов опалубки; недопустимость преждевременных нагрузок на нижележащие, не набравшие достаточной прочности слои бетона; обеспечение отвода экзотермического тепла, выделяющегося при твердении бетона. Насколько велико влияние высоты строительных блоков на температурный режим массивных конструкций, можно судить по графику (рис. 24). Обычно наибольшую высоту строительных блоков массивных сооружений принимают по опыту производства работ до 3–6 м. Бетонирование тонкостенных конструкций, колонн, стоек, стенок, которые сразу могут быть взяты в опалубку, ведут без перерывов на всю высоту, что позволяет избежать появления зон с пониженной прочностью сцепления в швах.

Площадь строительного блока ограничена условиями укладки каждого последующего слоя до начала схватывания смеси в ранее уложенном нижележащем слое. Этим достигается надежное омоноличивание между слоями. Максимальную площадь (F_{\max} , м²) строительного блока можно определить по следующей формуле:

$$F_{\max} = \frac{\Pi_{\text{ч}}(t_{\text{сх}} - t_{\text{тр}} - t_{\text{ук}})K_3}{h_{\text{сл}}},$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ – часовая интенсивность укладки бетонной смеси, равная производительности ЦБЗ или ее части, м³/ч;

$t_{\text{сх}}$ – время от момента подачи воды при приготовлении бетонной смеси до начала ее схватывания; оно зависит от вида и активности цемента, температуры бетонной смеси, наружного воздуха, влажности среды и колеблется в летнее время от 1 до 2 ч;

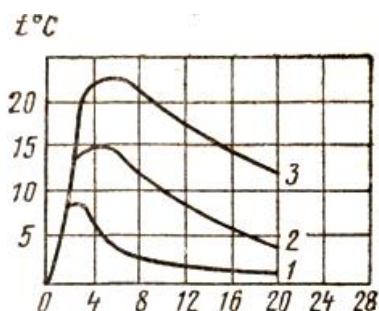
$t_{\text{тр}}$ – время, затрачиваемое на доставку бетонной смеси от завода до места укладки, ч;

$t_{\text{ук}}$ – время, затрачиваемое на укладку бетона, ч;

K_3 – коэффициент запаса на случайные задержки в пути транспортных

средств и при укладке бетона, обычно принимаемый 0,8;

$h_{\text{сл}}$ – толщина укладываемого слоя, зависящая от уплотняющих средств.



Продолжительность твердения, сут

Рис. 24. Влияние подъема температуры во время набора прочности в строительных блоках разной высоты: 1 – $H_{\text{стр}} = 0,75$ м; 2 – $H_{\text{стр}} = 1,5$ м; 3 – $H_{\text{стр}} = 3$ м

Из-за малого значения величины $t_{\text{ук}}$ ею можно пренебречь. Предпочтительнее иметь блоки вытянутой формы с размерами одной из сторон не более 10 м.

Строительные швы совмещают с плоскостями резкого изменения размеров блоков, как в плане, так и по вертикали. При разбивке конструктивных блоков на строительные учитывают расположение рабочей и распределительной арматуры; нежелательно, чтобы строительные швы пересекали рабочую арматуру, это усложняет установку опалубки. Нельзя располагать швы в зонах растягивающих напряжений.

Для поддержания необходимого температурного режима в теле массивных твердеющих блоков приходится применять принудительное охлаждение водой или растворами, циркулирующими по трубам-змеевикам, уложенным вместе с арматурой.

Для обеспечения монолитности и прочности бетона в крупных сооружениях необходимо поддерживать постоянную начальную температуру укладываемой бетонной смеси. Зимой компоненты бетонной смеси подогревают, а в летнее время охлаждают. Для понижения температуры применяют гранулированный лед, который дозируют и вводят в бетоносмеситель, уменьшая соответственно количество воды для замеса.

Уплотнение бетонной смеси

Уложенная бетонная смесь в свободном состоянии имеет достаточно рыхлую структуру, насыщена воздухом и в определенной степени подвержена расслоению. Удаление воздуха и улучшение структуры бетонной смеси путем более равномерного распределения компонентов в уложенной массе достигаются путем ее уплотнения.

Уплотнение бетонной смеси в современном строительстве осуществляют

путем вибрирования, сообщая ее частицам часто повторяющиеся колебания небольшой амплитуды. Механизмы, создающие вибрационные колебания, называются вибраторами. В результате вибрирования бетонная смесь становится текучей, т. е. приобретает повышенную подвижность, а ее частицы, перемещаясь под действием сил тяжести, вытесняют воздух и стремятся занять более устойчивое положение, бетонная смесь уменьшается в объеме и становится более плотной. Кроме того, бетонная смесь, приобретая в процессе вибрирования большую текучесть, заполняет все промежутки внутри блочного пространства, обволакивая арматурные стержни, заполняет пространства между ними, пространство между арматурой и опалубкой, образуя таким образом единый монолит сооружения.

Режим вибрационного уплотнения бетонной смеси характеризуется амплитудой колебаний (наибольшим удалением колеблющихся точек от центра колебаний) бетонной смеси, частотой колебаний (числом колебаний в минуту) и продолжительностью вибрирования. Оптимальная частота колебаний бетонной смеси зависит от размера ее частиц и подвижности. Для смесей с крупными фракциями заполнителей необходима более низкая частота с наибольшей амплитудой, для смесей с мелкими фракциями – более высокая частота с меньшей амплитудой.

Так, если в бетонной смеси имеются частицы разной крупности, то наилучшего уплотнения можно добиться, применяя поличастотные вибраторы (вибраторы с разным числом колебаний). Это наиболее перспективный способ вибрирования. У большинства выпускаемых промышленностью вибраторов частота колебаний составляет 2800–11000 колебаний в минуту, амплитуда – 0,1–3,0 мм.

По способам воздействия на бетонную смесь вибраторы бывают:

- *глубинные* (внутренние), погружаемые рабочей частью в бетонную смесь и передающие ей колебания через корпус;
- *поверхностные*, устанавливаемые на поверхность уложенного бетона и передающие ей колебания через рабочую площадку;
- *наружные*, прикрепляемые к опалубке болтами или другими захватными устройствами и передающие бетонной смеси колебания через опалубку.

Виброплощадки являются стационарным формирующим оборудованием и применяются на полигонах и заводах сборных железобетонных изделий.

По виду привода и питающей энергии различают вибраторы *электромеханические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и моторные* (с приводом от двигателя внутреннего сгорания). Наибольшее распространение имеют электромеханические и пневматические вибраторы.

Конструктивно вибратор состоит из возбuditеля (вибрационного механизма) с двигателем и передачами, рабочего органа и во многих случаях амортизаторов. **Электромеханические вибровозбудители** по конструктивному исполнению бывают *дебалансные* и *планетарные*.

Дебалансный вибровозбудитель представляет собой электродвигатель, на валу которого внецентренно насажены грузы, называемые дебалансами. При

вращении дебалансов создаются круговые колебания с частотой, равной частоте вращения вала, которые через подшипники передаются на корпус вибратора и затем бетонной смеси. Недостаток дебалансных возбудителей – их низкая долговечность, обусловленная быстрым изнашиванием подшипников, работающих в тяжелых условиях.

Планетарный вибровозбудитель создает колебания бегунком, насаженным на конец вала и обкатывающим корпус вибратора по беговой дорожке. Каждая обкатка вызывает одно колебание. Бегунок и вал электродвигателя имеют между собой гибкое соединение. Недостаток этого возбудителя – проскальзывание бегунка при попадании в него смазочного масла и неравномерность амплитуды колебаний по длине наконечника.

Пневматический планетарный вибровозбудитель состоит из полого ротора и неподвижной оси. У пневматического двигателя ротор служит дебалансом, а ось – беговой дорожкой.

Промышленность выпускает широкую номенклатуру вибраторов – глубинные с электромеханическим приводом серии ИВ различного конструктивного исполнения с массой 20–130 кг с пневматическим приводом серии ВП массой 5–20 кг.

Ручные глубинные планетарные вибраторы с гибким валом типа ИВ-27 имеют длину рабочей части до 0,4 м и диаметр 40–76 мм, однотипны по конструкции и предназначены для уплотнения бетонной смеси с осадкой конуса 3–5 см в густоармированных железобетонных конструкциях с шагом между стержнями от 35–50 до 100 мм.

Ручные глубинные дебалансные вибраторы с встроенным двигателем типа ИВ-32, ИВ-33, ИВ-79 и ИВ-80 с длиной рабочей части до 0,5 м и диаметром 100–133 мм предназначены для уплотнения бетонных смесей в бетонных и железобетонных конструкциях с шагом между стержнями не менее 150 мм.

Основные конструкции глубинных вибраторов приведены на рис. 25.

Подвесные глубинные планетарные вибраторы ИВ-90 с длиной рабочей части 1 м и диаметром 133 мм имеют массу 130 кг и предназначены для уплотнения больших масс жесткой бетонной смеси в массивных неармированных конструкциях с помощью кранового оборудования.

Поверхностные вибраторы применяют при бетонировании дорожных покрытий или железобетонных плит толщиной не более 25 см.

В настоящее время разработаны тяжелые крановые вибраторы с длиной рабочей части до 2 м, что позволяет укладывать бетон высокими слоями. Укладка бетона высокими слоями требует очень больших интенсивностей подачи бетонной смеси в блок – для крупных блоков не менее 100 м³/ч.

При уплотнении бетонной смеси ручным глубинным вибратором толщина укладываемого слоя не должна превышать 1,25 длины рабочей части вибратора. При уплотнении тяжелыми подвесными, вертикально расположенными глубинными вибраторами толщина укладываемых слоев принимается на 5–10 см меньше длины рабочей части вибратора.

Продолжительность вибрирования зависит от подвижности или

жесткости бетонной смеси и ориентировочно может быть принята от 20 до 40 с. Чем меньше подвижность смеси и выше показатель ее жесткости, тем дольше продолжительность ее вибрирования. Если вибрирование осуществляется меньше требуемого времени, то смесь недостаточно уплотняется, если больше – может расслоиться. Визуально продолжительность вибрирования определяется по прекращению осадки и выделению пузырьков воздуха, а также появлению на поверхности свободной воды. Окончив уплотнение на одной позиции, вибратор переставляют на соседнюю. Расстояние между последовательными позициями не должно превышать 1,5 радиуса его действия. Радиус действия зависит от типа вибратора и подвижности или жесткости бетонной смеси и колеблется от 25 до 75 см. К стенкам опалубки глубинный вибратор устанавливают не ближе 5–10 см, работающий вибратор не должен касаться стержней арматуры.

Поверхностными вибраторами бетонную смесь уплотняют полосами, перекрывая проработанные слои 10–20 см. Продолжительность вибрирования на одной позиции составляет 30–60 с.

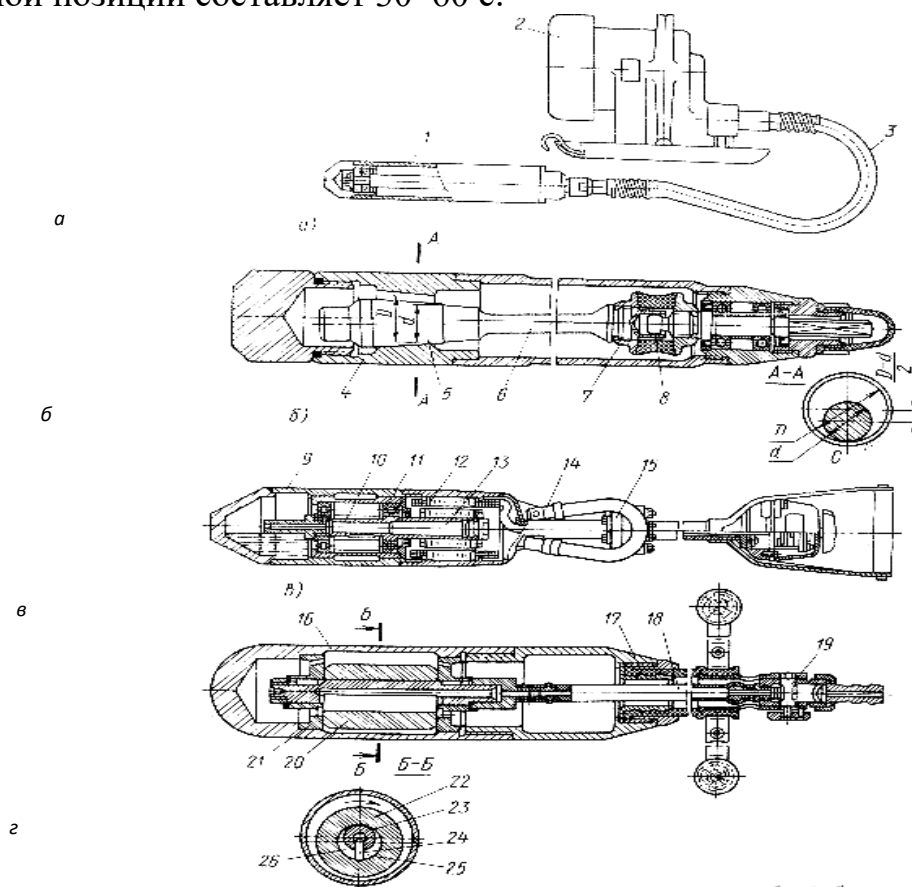


Рис. 25. Глубинные вибраторы:

- a* – с вынесенным двигателем: 1 – вибронаконечник; 2 – двигатель; 3 – гибкий вал;
- б* – планетарный вибровозбудитель: 4 – корпус; 5 – бегунок; 6 – поводок;
- 7 – гибкая муфта; 8 – шпиндель; *в* – с встроенным двигателем: 9 – корпус;
- 10 – дебаланс; 11 – подшипники; 12 – электродвигатель; 13 – вал; 14 – штанга;
- 15 – амортизатор; *г* – с пневмоприводом: 16 – корпус; 17, 18 – штанги; 19 – кран;
- 20 – пневмодвигатель; 21 – крышка; 22 – ротор; 23 – статор; 24 – лопатка;
- 25 – выхлопная камера; 26 – рабочая камера

Производительность глубинного вибратора определяется радиусом его действия, толщиной слоя бетонирования и продолжительностью работы на позиции с учетом времени на перестановку. Для предварительных расчетов производительность глубинных вибраторов с гибким валом принимается 2 м³/ч, с встроенным двигателем – 4, навесных крановых вибраторов – 8–10 м³/ч.

В целях сокращения сроков строительства крупных бетонных плотин и снижения трудовых затрат в ряде зарубежных стран в последние годы начали применять новую технологию возведения массивных бетонных сооружений из жестких малоцементных бетонных смесей, укатываемых виброкатками. При этом методе жесткая бетонная смесь с содержанием цемента менее 100 кг/м³ в блок бетонирования обычно доставляется в автосамосвалах, разравнивается бульдозерами и уплотняется виброкатками. Толщина укатываемого слоя не превышает 0,5 м. Для снижения расхода цемента в состав компонентов бетонной смеси рекомендуется вводить золу уноса в количестве до 35 и даже 50 % от объема цемента.

Формирование наружных граней плотины, возводимой по этой технологии, обеспечивается установкой по периметру сооружения сборных бетонных блоков, плит-оболочек или путем сооружения защитной наружной грани в виде монолитных бетонных блоков, бетонирование которых осуществляется по обычной технологии с применением скользящей опалубки.

Монтажные работы.

В состав работ по монтажу входят: подготовка мест установки сборных конструкций; строповка и подъем с необходимым перемещением в пространстве, ориентировании и установке с временным закреплением; расстроповка; окончательная выверка и закрепление; снятие временных креплений; заделка стыков и швов.

Приведенная структура процессов монтажа строительных конструкций является обобщающей и в каждом конкретном случае может быть уточнена.

Перед выполнением работ по монтажу производят подготовку элементов конструкций к монтажу: укрупнительную сборку в плоские или пространственные блоки, временное усиление элементов для обеспечения их устойчивости и неизменности при подъеме, обустройство подмостями, лестницами, ограждениями и другими временными приспособлениями.

Укрупнительная сборка конструкций на строительной площадке. Железобетонные конструкции с местных заводов-изготовителей обычно привозят полностью собранными. негабаритные и нетранспортабельные конструкции доставляют в виде отдельных элементов.

Металлические конструкции, как правило, перевозят в виде составных элементов (отправочных марок). В зависимости от масштабов строительства, вида доставляемых конструкций и принятой организации монтажных работ укрупнительную сборку производят на стационарных (на период строительства) площадках и стендах, расположенных на строительной площадке вдоль внешних подъездных путей и в зоне действия монтажного крана.

На стационарных площадках обычно собирают из отправочных марок стальные конструкции. Железобетонные конструкции укрупняют на стационарных площадках лишь при значительном объеме однотипных конструкций и возможности их внутриплощадочного транспортирования.

Непосредственно у места монтажа, в зоне действия монтажного крана, укрупняют большепролетные железобетонные и тяжелые металлические конструкции.

Укрупнительную сборку в зоне монтажа ведут на нулевых отметках с использованием переставных стендов, а также на проектных отметках с применением временных опор и кондукторов. Металлические конструкции, размеры которых не превышают транспортных габаритов, собирают на металлических стеллажах высотой до 80 см. Все остальные конструкции собирают у мест монтажа на шпальных клетках высотой 0,3–0,8 м. Металлические фермы обычно собирают в горизонтальном положении, при этом допускаются отклонения по длине ферм ± 7 –10 мм. В технологическом отношении предпочтительнее минусовые допуски, которые могут быть устранены за счет прокладок.

Листовые конструкции сооружений круглого очертания укрупняют в отдельные пояса или в блоки по 2–3 пояса в каждом. При негабаритности таких конструкций их укрупняют в зоне действия монтажного крана.

Укрупнительную сборку железобетонных ферм осуществляют в горизонтальном положении на стеллажах с использованием кондукторов, фиксирующих положение собираемых элементов, или в проектном положении – на специальных универсальных стендах.

Строповка (расстроповка) – это прикрепление (освобождение) конструкции к крюку (от крюка) крана. Строповка может осуществляться с одним элементом или несколькими, количество точек строповки обычно не превышает четырех.

При подъеме элементов в стропах возникает усилие (S), зависящее от угла наклона стропа к вертикали (α):

$$S = \frac{P}{0,75n \cdot \cos\alpha},$$

где P – масса поднимаемого элемента;

n – число ветвей стропа;

0,75 – коэффициент, учитывающий неравномерность натяжения стропов.

При подборе диаметра стропа учитывают коэффициент запаса, величина которого находится в пределах 6–8.

Захватные приспособления подбирают так, чтобы одним приспособлением можно было поднимать различные виды сборных элементов, поскольку частая смена приспособлений снижает производительность труда, приводит к простоею крана и монтажников.

Балки, фермы, плиты, колонны, стеновые блоки и панели поднимают в проектном положении, лестничные марши – в приподнятом. Большинство элементов приходится поворачивать при подъеме. Подъем выполняется в несколько этапов: подъем с остановкой на высоте 0,2–0,5 м от земли, чтобы убедиться в надежности строповки; собственно подъем. На высоте 0,5–1,0 м над местом установки подъем прекращается, элемент разворачивают и медленно осаживают на место.

Временная выверка и закрепление конструкций. Из условий безопасности запрещено производить расстроповку элемента до его надежного закрепления; закрепить элемент можно только после его выверки. Поэтому продолжительность всего монтажного цикла значительно зависит от того, насколько быстро и качественно выполняются эти операции.

Постоянная выверка производится с применением геодезических инструментов. Желательно было бы сразу выполнять постоянную выверку, но в производственных условиях это возможно не всегда.

Временное закрепление элементов должно обеспечивать их устойчивость в проектном положении до постоянной выверки и закрепления.

Окончательная выверка и закрепление. В зависимости от вида монтируемых конструкций, их оснастки, стыков и условий обеспечения устойчивости выверку производят визуально или инструментально в процессе установки, когда конструкция удерживается монтажными механизмами или после установки при ее закреплении. В отдельных случаях выверку не производят или выполняют с помощью автоматизированных устройств.

Визуальную выверку выполняют при достаточной точности опорных поверхностей или торцевых оснований и стыков конструкции. При этом могут использоваться отвесы, стальные рулетки, линейки, шаблоны и т. п.

Инструментальную выверку выполняют при установке специальных монтажных приспособлений (кондукторов и т. п.). Эта выверка наиболее распространенный вид проверки положения смонтированных конструкций в плане, высотном и вертикальном положениях. Применяют теодолиты, нивелиры, лазерные приборы и устройства.

При монтаже металлических конструкций (в отдельных случаях железобетонных) распространена безвыверочная установка. Основным ее условием является применение конструкций с повышенным классом точности размеров в монтажных стыках. Это позволяет установить, например, стальные колонны, опоры и другие элементы каркаса с фрезерованными опорами торцами в проектное положение, исключая выверку по высоте и вертикали.

Автоматизированная выверка предусматривает установку конструкций с параллельной выверкой при использовании автоматических устройств.

После инструментальной проверки правильности установки конструкция должна быть надежно закреплена электросваркой закладных частей и арматуры, постановкой болтов или заклепок. Общая толщина склеиваемых деталей не должна превышать $4d$ (d – диаметр заклепки).

Заделка стыков включает в себя защиту закладных деталей от коррозии, герметизацию (для наружных стеновых панелей), замоноличивание

растворной и бетонной смесью. Наиболее трудоемким процессом является замоноличивание. Бетонную или растворную смесь укладывают в стык под давлением с помощью специального оборудования (растворо- и бетононасосы, пневмонагнетатели и др.) или свободно. В последнем случае смесь уплотняют вибраторами или штыкованием.

Стык колонны с фундаментом при временном креплении колонн кондукторами и растяжками замоноличивается за один прием, а при временном креплении клиньями или клиновыми вкладышами – за два приема; до нижнего уровня клиньев, а после достижения бетоном 25 % прочности клинья извлекают и стык домноличивают.

Стыки плит покрытий и стеновых панелей заполняются раствором. В соответствии с требованиями проекта в шве плит покрытия можно устанавливать арматурный каркас, а для предотвращения вытекания раствора – подвесную опалубку.

4. Контроль прочности бетона в сооружениях

Качество бетонных и железобетонных конструкций зависит от качества используемых материалов, соблюдения основных требований технологии на всех стадиях комплексного процесса бетонных работ. Для этого необходим контроль на всех стадиях этих работ, включая: приемку и хранение материалов; изготовление и монтаж арматурных сеток и каркасов, изготовление и монтаж опалубки; подготовку основания и опалубки к укладке бетонной смеси; приготовление и транспортировку смеси; укладку, уплотнение и уход за бетоном в процессе его твердения.

Все исходные материалы должны отвечать требованиям ТНПА. Показатели свойств материалов следует проверять в строительной лаборатории по принятой единой методике.

На стадии приготовления смеси проверяют точность дозировки материалов, продолжительность перемешивания, подвижность (не реже двух раз в смену) и плотность смеси. Подвижность не должна отличаться от заданной более чем на 1 см, а плотность – более чем на 3 %.

При транспортировке смеси следят, чтобы она не начала схватываться, не расслаивалась на составляющие, не теряла подвижности из-за потерь воды, цемента или схватывания.

В процессе армирования проверяют качество арматурной стали, правильность формы и размеров (диаметров) стержней, качество сварки, правильность положения арматуры в конструкции с учетом допустимых отклонений, приведенных в ТНПА. При устройстве опалубки следует обратить внимание на правильность ее установки, плотность стыков в щитах и сопряжениях, взаимное положение опалубочных форм и арматуры (для обеспечения необходимого защитного слоя бетона).

Перед укладкой бетонной смеси проверяют чистоту поверхности опалубки и качество ее смазки. Контролируют в процессе укладки смеси

высоту ее сбрасывания, продолжительность вибрирования и равномерность уплотнения, не допуская расслоения смеси и образования раковин, пустот.

Процесс виброуплотнения контролируют визуально, по степени осадки смеси, прекращению выхода из нее пузырьков воздуха и появлению на поверхности цементного молока. В некоторых случаях используют плотномеры.

Контроль качества уложенного бетона осуществляют систематически в процессе бетонирования конструкций. Он заключается в проверке соответствия физико-механических характеристик бетона требованиям проекта. Прочность бетона на сжатие проверяют на контрольных образцах, изготовленных из бетонной смеси, взятой после ее приготовления и непосредственно на месте укладки. Приемку выполненных монолитных бетонных и железобетонных конструкций производят лишь после достижения бетоном проектной прочности.

Особые меры контроля качества применяют при выполнении бетонных работ в зимнее время. Так, в процессе приготовления смеси через каждые 2 ч проверяют: отсутствие льда, смерзшихся комьев в необогреваемых заполнителях, подаваемых в бетоносмеситель, при приготовлении смеси с противоморозными добавками; температуру воды и заполнителей перед загрузкой; концентрацию солей; температуру смеси на выходе из бетоносмесителя. При транспортировании смеси один раз в смену проверяют выполнение мер укрытия, утепления и обогрева транспортной и приемной тары. Если смесь подвергают предварительному электроразогреву, то контролируют ее температуру в каждой разогреваемой порции.

При укладке смеси следят, чтобы не было снега и наледей на поверхности основания, арматуры и опалубки, за соответствием теплоизоляции опалубки, а при необходимости обогрева – за выполнением этих работ. Температуру смеси проверяют во время выгрузки смеси из транспортных средств и непосредственно после укладки в опалубку.

В процессе выдерживания бетона его температуру измеряют с использованием температурных скважин, термометров сопротивления либо технических термометров. При использовании способа «термоса», предварительного электроразогрева смеси или обогрева в тепляках температуру бетона измеряют каждые 2 ч в первые сутки и не реже двух раз в смену в последующие трое суток и один раз в остальное время выдерживания. В случае применения бетонов с противоморозными добавками температуру его проверяют три раза в сутки до приобретения им заданной прочности, а при электропрогреве бетона в период подъема температуры со скоростью до 10 °С/ч – через каждые два часа, в дальнейшем – не реже двух раз в смену.

Прочность бетона контролируют путем испытания дополнительного количества образцов, изготовленных у места укладки бетонной смеси при соблюдении сроков, предусмотренных для различных способов зимнего бетонирования и указанных в инструкциях и справочниках. Образцы, хранящиеся на морозе, перед испытанием выдерживают 2–4 ч для оттаивания при температуре 15–20 °С.

5. Технология строительства закрытых напорных трубопроводов

Трубопроводы широко используют в закрытых оросительных системах, для водоснабжения, отвода использованных и избыточных вод. Их устраивают из различных материалов: металлических и неметаллических.

Стальные трубопроводы применяют для устройства трубопроводов в условиях высокого рабочего давления и температур транспортируемого продукта, при больших статических или динамических нагрузках, заболоченных и других слабых и насыщенных водой грунтах, а также на дне водоемов. Наружные трубопроводы укладывают в грунт ниже глубины промерзания. Временные трубопроводы и трубопроводы, используемые только в летний период, укладывают на меньшую глубину.

Строительство трубчатых водоводов складывается из следующих процессов: геодезическая разбивка трасс; подготовительные работы на трассах трубопроводов; завоз материалов и оборудования для строительства; разработка грунта в траншеях под трубы; крепление при необходимости откосов траншей; монтаж трубопровода с соединением звеньев и заделкой стыков; гидроизоляция металлических трубопроводов; предварительные испытания смонтированных участков; засыпка траншей и уплотнение грунта в них; окончательное испытание трубопровода; монтаж вантузов и гидрантов.

Подготовительные работы. Заключаются в расчистке полосы от деревьев, кустарника, пней, валунов с помощью обычных механизмов, применяемых для этих целей: мотопил, корчевателей, кусторезов, бульдозеров. Трассу освобождают от сооружений и построек, подлежащих сносу или переносу на новое место.

Разработку грунта в траншеях под трубопроводы ведут в соответствии с проектной глубиной заложения труб. Ширину траншеи назначают с учетом диаметра труб и запаса от 0,3 до 1,2 м, в зависимости от материала труб, способа соединения стыков и укладки труб. Минимальная ширина траншей по условиям техники безопасности составляет 0,7 м. При большой глубине траншей и во всех неустойчивых грунтах предусматривают уположение откосов либо крепление стенок.

Для разработки грунта в траншеях следует использовать специализированные траншейные многоковшовые экскаваторы с цепным или роторным рабочим органом. В тех случаях, когда необходимые размеры траншеи превышают предельную глубину и ширину разработки траншейными экскаваторами, применяют одноковшовые экскаваторы обратной лопата или драглайн.

Для прокладки трубопроводов диаметром до 0,2 м на небольшую глубину (до 1 м) траншеи можно отрывать плужными каналокопателями на тяге нескольких тракторов.

Крепление вертикальных стенок траншей выполняют в неустойчивых грунтах и когда глубина траншей превышает допустимую по правилам безопасности ведения работ. Для крепления обычно применяют древесину

(доски, брусья, жерди, деревянные щиты), реже листовые материалы (фанеру, стальные волнистые листы).

Монтаж трубопроводов выполняют в траншее после подготовки и проверки основания.

При укладке звеньев труб необходимо соблюдать следующие требования: грунт основания должен быть ненарушенной структуры, дно траншеи должно иметь проектные отметки, каждое звено трубопровода должно плотно соприкаться с основанием по всей длине, недоборы грунта по дну траншеи (до 5–10 см) должны быть ликвидированы, случайные переборы должны быть устранены засыпкой (песком, щебнем, гравием) с тщательным уплотнением, уклоны дна траншей для самотечно-напорных линий закрытых оросительных систем должны быть не менее 0,003, на слабых грунтах (болотистых, плывунных, пучинистых) обязательна подготовка основания из слоя песка, гравия, щебня толщиной 0,1–0,25 м.

При монтаже трубы соединяют в одну нитку трубопровода, обеспечивая его герметичность в стыках. Одновременно с трубами следует монтировать фасонные части и арматуру на линии трубопровода (кроме вантузов и гидрантов). При монтаже в более поздний срок затрудняется и усложняется соединение фасонных частей, а также герметизация соединений.

В зависимости от материала труб и конструкции стыков применяют различные *способы их соединения и герметизации*. Стальные и полиэтиленовые трубы соединяют чаще всего сваркой, их соединяют в секции (плети) длиной до 100–200 м на поверхности земли рядом с траншеей или на подкладках над траншеей, после чего опускают в готовую траншею. Трубы большого диаметра соединяют только в траншеях. Все остальные трубы и соединения не выдерживают деформации при изгибе и их стыки заделывают непосредственно в траншее. Опускать трубы в траншею можно с помощью передвижных кранов, кранов-трубоукладчиков на базе гусеничных тракторов, треног с лебедками, а также – вручную. При использовании треног необходимо: над траншеей уложить брусья-поперечины; закатить на них трубу; установить треноги над траншеей; приподнять трубу; убрать брусья-поперечины; опустить трубу на дно траншеи. Треноги применяют при небольших объемах строительных работ.

Уложенные на дно трубы тщательно центрируют с помощью простейших приспособлений, изготавливаемых на месте (ломики, рычаги, центраторы), и сразу выполняют соединение и герметизацию. Наибольшее распространение в практике строительства трубопроводов получили соединения: сварные (для стальных труб), раструбные (для бетонных, железобетонных и керамических труб), муфтовые (для асбестоцементных труб).

Герметизацию раструбных соединений проводят смоляными или битумизированными пеньковыми прядями или резиновыми кольцами круглого или специального сечения (самоуплотняющиеся).

Асбестоцементные трубы чаще всего соединяют муфтами с резиновыми кольцами. Для правильного монтажа на концах соединяемых труб делают разметку и устанавливают резиновые кольца. После тщательной центровки

труб надвигают муфту в рабочее положение. При диаметре труб до 125 мм это выполняют ломиками, а при больших диаметрах – рычажными устройствами, винтовыми или гидравлическими домкратами.

Засыпку траншей после монтажа труб следует выполнять в летнее время в два этапа. Вначале необходимо засыпать приямки, сделанные под стыками для удобства монтажа, и подбить грунт под бока труб с тщательным уплотнением. Одновременно нужно засыпать трубы сверху на 0,3–0,5 м, оставляя открытыми все стыки. Дальнейшую засыпку ведут после предварительного испытания трубопровода и устранения всех выявленных дефектов. Засыпку на первом этапе следует вести вручную либо грейферными ковшами экскаваторов. Для окончательной засыпки применяют бульдозеры или специальные траншеезасыпатели. Засыпку ведут послойно с уплотнением грунта механизированными ручными трамбовками. При строительстве трубопроводов в зимнее время вслед за отрывкой грунта выполняют монтаж труб, а затем ведут подсыпку и засыпку траншей на всю глубину до замерзания грунта в отвалах. Предварительные испытания трубопроводов в зимнее время проводят пневматическим способом.

Гидроизоляция и антикоррозийная защита стальных труб предохраняет их от преждевременного разрушения и выхода из строя. Гидроизоляция является надежным способом защиты стальных труб, ее тип и конструкцию выбирают при проектировании трубопроводов с учетом свойств материала и агрессивности окружающей среды в грунте.

В качестве дополнительных средств применяют электрозащиту, обеспечивающую сохранность металла.

Технология гидроизоляции стальных труб определяется видом и свойствами принятых для гидроизоляции материалов. Для снижения трудоемкости и повышения качества гидроизоляцию стальных труб следует проводить в стационарных условиях (на заводах-изготовителях труб, в цехах предприятий, ПМК). На месте устройства трубопроводов допускается делать гидроизоляцию только при небольших объемах работ.

В стационарных условиях заводов, цехов, мастерских применяют стендовый способ со специальным оборудованием, обеспечивающим непрерывно-поточную технологию нанесения гидроизоляционного покрытия. В полевых условиях изоляционные покрытия наносят на отдельные звенья труб или предварительно сваренные в плети и уложенные вдоль траншей участки трубопроводов.

Большинство гидроизоляционных материалов для труб применяют в разжиженном виде, что и предопределяет способ их нанесения на поверхность. Применяют методы окраски распылением сжатым воздухом, кистями, поливкой, погружением всей трубы в ванну (только в стационарных условиях).

Устройство гидроизоляционного покрытия из битумных мастик требует выполнения следующих операций: очистки от грязи, ржавчины механическим или химическим способом; наложения слоя грунтовки толщиной 0,1–0,2 мм из разжиженного битума; нанесения слоя мастики толщиной 1,5–2,0 мм;

намотки слоя стеклоткани с перекрытием; нанесения второго слоя мастики; обертки слоем прочной тарной бумаги для защиты покрытия от повреждения. Усиленная и весьма усиленная гидроизоляция образуется путем обмотки двумя и тремя слоями стеклоткани с нанесением мастики между каждым слоем.

При устройстве гидроизоляции контролируют: равномерность толщины покрытия, отсутствие пропусков, отслоений, пузырей, механических повреждений. Не допускаются подтеки, сгустки, «сосульки». Контроль осуществляют визуально или с применением электрических приборов, оценивающих качество по электрическому сопротивлению изоляционного слоя. Все выявленные дефекты устраняют до засыпки траншей.

Испытания трубопроводов проводят для проверки прочности и герметичности труб и стыков одним из двух способов: гидравлическим или пневматическим. С этой целью испытываемые участки трубопровода длиной до 1 км оборудуют приборами для поднятия давления до испытательного и манометрами.

Испытательное давление при гидравлическом способе превышает рабочее обычно на 0,3–0,5 МПа и позволяет оценить не только прочность трубопровода, но и размер утечек из него.

Пневматический способ испытания менее надежен и более опасен. Его применяют в безводных районах, а также зимой, когда вода замерзает. Герметичность трубопровода при пневматических испытаниях оценивают по падению давления воздуха за нормированный промежуток времени.

Технология устройства траншей и оснований под трубопроводы

Перед укладкой трубопровода проверяют глубину и уклоны дна траншеи, крутизну откосов, правильность установки крепления траншеи, обращая особое внимание на плотность прилегания щитов к стенкам траншей.

Необходимым условием для надежной эксплуатации трубопровода является укладка его на проектную отметку с обеспечением плотного его опирания на дно траншеи по всей длине, а также сохранность труб и их изоляции при укладке. Поэтому подготовке траншей к укладке труб следует уделять особое внимание. При прокладке трубопроводов в городских условиях траншею часто пересекают действующие подземные коммуникации (трубопроводы, кабели). Если они находятся ниже строящегося трубопровода, то это не осложняет его прокладку, а если выше, то необходимо принимать меры по заключению их в специальные короба с надежным креплением. Пряжки в траншеях для заделки растресканных и муфтовых стыковых соединений, а также сварки неповоротных стыков стальных труб отрывают для труб диаметром до 300 мм непосредственно перед их укладкой, а для труб больших диаметров – за 1–2 дня до их укладки.

Трубопроводы в системах водоснабжения и водоотведения укладывают на естественное или искусственное основание.

При естественном основании трубы укладывают непосредственно на грунт ненарушенной структуры, обеспечивая поперечный и продольный профиль основания по проекту.

При несущей способности грунтов оснований менее 0,1 МПа (1 кгс/см²) необходимо устраивать искусственные основания – бетонные или железобетонные, сборные лекальные, свайные. Для увеличения плотности грунтов оснований широко применяют метод уплотнения.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основании. Так, трубы, уложенные в грунтовое ложе с углом охвата 120°, выдерживают нагрузку на 30–40 % большую, чем трубы, уложенные на плоское основание. При укладке труб на искусственное бетонное основание с углом охвата 120° несущая способность труб повышается в 1,7 раза и более.

Кроме того, величина угла охвата для одних и тех же условий влияет на несущую способность труб.

Устройство основания – один из главных факторов, обеспечивающий долговечность и надежность эксплуатации трубопроводов.

При укладке железобетонных труб больших диаметров (1,5–3,5 м) в песчаных грунтах устраивается ложе без нарушения естественной структуры грунта, которое должно охватывать 1/4–1/3 поверхности трубы. В глинистых грунтах трубы укладывают на песчаные подушки толщиной 0,1–0,3 м. В тех случаях, когда трубопроводы прокладывают в твердых (скальных) грунтах, необходимо устройство песчаной подушки с тщательным уплотнением толщиной не менее 0,1 м над выступающими неровностями основания.

Для укладки труб в недостаточно устойчивых сухих грунтах на дно траншеи отсыпают слой из гравия, гравийно-песчаной смеси или песка толщиной не менее 0,1 м на всю ширину траншеи. На этом слое устраивают бетонную подливу в виде лотка высотой не менее 0,1 м наружного диаметра трубы и толщиной в средней части ее не менее 0,1 м. В водонасыщенных грунтах железобетонные трубы больших диаметров укладывают на бетонное основание, располагаемое на гравийно-песчаной или щебеночной подготовке толщиной 0,20–0,25 м с устройством в ней дренажной линии. В грунтах и плавунах, плохо отдающих воду, бетонное основание укладывают на железобетонные плиты, которые, в свою очередь, кладут на щебеночную подготовку.

Если водонасыщенные грунты содержат органические включения или являются слабыми и могут вызывать неравномерные осадки, устраивают жесткие основания в виде ростверков на сваях.

Железобетонные трубы диаметром 2–3,5 м рекомендуется укладывать на сборные основания (лекальные блоки или плиты с подбетонкой стула). Кроме того, под такие трубы основания выполняются также из плит и брусьев, соединяемых между собой сваркой, с замоноличиванием стыка бетоном.

При прокладке трубопроводов в сухих пучинистых грунтах искусственное основание под ними выполняют в виде песчаной подушки слоем 0,20–0,25 м на предварительно уплотненном пучинистом грунте.

Согласно ТНПА основание под трубопроводы должно быть принято заказчиком и оформлено актом на скрытые работы. В процессе устройства основания необходимо проверять соответствие продольного и поперечного уклонов проектным данным путем нивелирования дна траншеи. При устройстве ложа необходимо шаблоном проверять его глубину и угол охвата. При гравийно-щебеночном основании измеряют толщину его отдельных участков.

При устройстве бетонного основания проверяют все его элементы: толщину и высоту на уровне лотка трубы, марку бетона. В железобетонных монолитных основаниях контролируют укладку арматуры и соответствие ее проекту. При производстве работ в зимнее время необходимо следить, чтобы в момент укладки грунт не был заморожен.

Технология монтажа трубопроводов

Монтаж трубопроводов из полимерных (пластмассовых) труб. Для прокладки трубопроводов системы водоснабжения и канализации используют преимущественно трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), высокого давления (ПВД) и из поливинилхлорида (ПВХ), причем для целей водоснабжения применяют полиэтиленовые трубы.

Типы соединений пластмассовых труб и способы их устройства. При прокладке наружных водопроводов из ПНД и ПВД основным способом соединения труб является их сварка нагревательным инструментом встык. При устройстве самотечных трубопроводов канализации трубы из ПНД соединяются таким же способом.

Трубы из ПВХ соединяются в основном на клею враструб. Однако учитывая, что требуется тщательная очистка склеиваемых поверхностей и аккуратное нанесение клея, не допускаются деформации стыков, наблюдается воздействие клея на долговременную прочность ПВХ, а в процессе работ выделяются вредные вещества. В последнее время для соединения труб из ПВХ широко используются раструбные соединения, уплотняемые резиновыми манжетами различного профиля, а также кольца круглого сечения. В этом случае трубы выпускаются с раструбами, имеющими внутри кольцевые пазы. Для присоединения пластмассовых труб к металлическим применяются преимущественно фланцевые соединения. В местах прохода канализационных труб из ПВХ через стенки колодцев в качестве гильз используются соединительные муфты с одним резиновым кольцом.

Сварка полиэтиленовых труб, чаще всего контактная, осуществляется встык (стыковая), в раструб с литыми фасонными частями и в формовочный раструб (раструбная сварка). При сварке труб особо следует обращать внимание на наружный диаметр труб и их эллипсность (овальность). При стыковой сварке максимальное несовпадение кромок не должно превышать 10 % толщины стенки. Концы труб при раструбной сварке должны иметь наружную фаску под углом 45°.

Контактная сварка труб осуществляется в такой последовательности: установка и центрирование труб в зажимном центрирующем приспособлении;

торцовка труб и обезжиривание торцов; нагрев и оплавление свариваемых поверхностей; удаление сварочного нагревателя; соединение разогретых свариваемых торцов труб под давлением (осадка); охлаждение сварного шва под осевой нагрузкой. Для получения прочных и качественных стыков труб необходимо строго соблюдать основные параметры сварки – температуру и продолжительность нагрева, глубину оплавления, контактное давление при оплавлении и осадке.

Склеивание поливинилхлоридных (винипластовых) труб осуществляется в основном в раструб.

Процесс склеивания труб и соединительных частей из ПВХ состоит из подготовки концов труб и раструбов под склеивание, склеивание и отверждение соединений. Склеиваемые поверхности труб и раструбов обезжиривают метиленхлоридом. После этого клей наносят тонким слоем на раструб и толстым – на конец трубы. Склеивать трубы и фасонные части можно при температуре наружного воздуха не ниже 5 °С. Склеенные стыки в течение 5 мин не должны подвергаться никаким механическим воздействиям. Склеенные плети и узлы перед монтажом должны выдерживаться не менее 24 ч после склеивания.

Соединение труб из ПВХ на раструбах с резиновыми кольцами. Напорные раструбные трубы в траншее соединяют в следующем порядке: очищают от грязи и масел гладкий конец и раструб соединяемых труб; на гладком конце карандашом или мелом размечают глубину вдвигания его в раструб; в паз раструба вставляют резиновое кольцо, смазывают его и гладкий конец жидким мылом, после чего вдвигают его в раструб до отметки.

При соединении безнапорных канализационных труб из ПВХ наряду с раструбом применяют муфты. Технология их соединения с использованием резиновых колец аналогична вышеописанной. Для сборки раструбных соединений напорных и канализационных труб применяют натяжные приспособления.

Оборудование для сварки и монтаж пластмассовых трубопроводов. Для сварки труб из полиэтилена разработаны и выпускаются передвижные установки и монтажные приспособления.

Укладка пластмассовых трубопроводов в траншею выполняется по двум основным схемам организации сварочно-монтажных работ – базовой и трассовой. При базовой схеме сварку труб выполняют вблизи объектного их склада с предварительным соединением труб в секции длиной до 18–24 м и более, которые доставляют на трассу и там их спаривают в плети или непрерывную нитку для укладки в траншею. При трассовой схеме трубы раскладывают вдоль траншеи и сваривают с применением передвижных сварочных установок в непрерывную нитку методом наращивания.

Укладка трубопроводов отдельными трубами. Перед укладкой трубы тщательно осматривают и отбраковывают. Количество раскладываемых вдоль траншеи труб зависит от достигнутой сменной выработки. Трубы на берме траншеи часто сваривают в секции или плети, которые затем опускают в траншею на мягких полотенцах. Однако в производственных условиях,

особенно в зимний период, монтаж трубопроводов ведут из отдельных труб и соединяют их в траншее склеиванием их на резиновых кольцах методом наращивания.

Укладка звеньями (секциями) и плетями позволяет значительно сократить количество сварных стыков на трассе, повысить производительность труда, темпы прокладки трубопровода и качество работ.

Секции доставляют на трассу и раскладывают вдоль траншеи.

Плеть в траншею опускают вручную (при небольшом диаметре труб) или с помощью кранов. Укладывать плеть в траншею допускается не ранее, чем через 2 ч после сварки последнего стыка. Опускают ее в траншею плавно с помощью пеньковых канатов, мягких полотенец или ремней, располагаемых на расстоянии 5–10 м друг от друга, не допуская резких перегибов плети. Сбрасывать сварные плети на дно траншеи не допускается.

Прокладка пластмассовых трубопроводов больших диаметров (до 1000 мм и более) производится способом протягивания плети по дну траншеи или опускания подвешенных к крану труб. Каждый из этих способов имеет свои особенности и область применения. Способом протягивания чаще всего укладывают полиэтиленовые трубопроводы в сухих грунтовых условиях. При этом сварочную установку стационарного типа и направляющие размещают в траншее, после чего трубу последовательно соединяют в непрерывную нитку. Отторцованные трубы спускают в траншею и укладывают на зажимы сварочной установки, затем их сваривают, после чего трубопровод протягивают вперед лебедкой или другими механизмами.

Монтаж бетонных и железобетонных трубопроводов. Бетонные и железобетонные трубы укладывают на естественное или искусственное основание. Стыки напорных труб (раструбные или муфтовые) заделывают резиновыми уплотнительными кольцами, а безнапорных (раструбные или фальцевые) – смоляной или битумизированной пряжей, асбестоцементным или цементным замком, а также асфальтовой мастикой. Перед укладкой труб в траншею их так же, как и муфты, в ходе приемки подвергают наружному осмотру для выявления дефектов и проверки размеров.

Бетонные и железобетонные трубы раскладывают вдоль траншеи различными способами (перпендикулярно к траншее, под углом и др.), выбор которых зависит от типа и грузоподъемности применяемых монтажных кранов.

Монтаж напорных трубопроводов. Напорные трубопроводы монтируют из раструбных и гладких железобетонных напорных труб на муфтовых соединениях, что вносит разнообразие в технологию работ по их прокладке.

Монтаж трубопроводов из раструбных труб ведут в такой последовательности: доставка труб и раскладка их вдоль траншеи, подача их на место укладки, подготовка конца трубы и установка на него резинового кольца; введение его вместе с кольцом в раструб ранее уложенной трубы; придание уложенной трубе проектного положения; окончательная заделка стыка; предварительное испытание готового незасыпанного участка

трубопровода (при трубах больших диаметров только стыковых соединений); засыпка этого участка; окончательное его испытание.

Монтаж труб ведут стреловыми кранами, причем трубы с бермы траншеи подают раструбами вперед по ходу монтажа и обязательно против течения жидкости. Перед укладкой первой трубы в начале трассы устанавливают бетонный упор, обеспечивающий устойчивое положение первым двум-трем трубам при их соединении в раструб. При укладке трубы вначале по шаблону отмечают на ее гладком конце глубину заводки его в раструб уложенной трубы. Установив кран посередине укладываемой трубы и застропив ее полуавтоматическим захватом, с помощью стропов либо траверсы трубу подают в траншею.

На высоте 0,5 м от ее дна опускание трубы приостанавливают и на гладкий конец ее надевают резиновое кольцо, после чего заводят ее в раструб ранее уложенной трубы и опускают на подготовленное основание. При этом особое внимание уделяют центрированию втулочного конца вводимой трубы с резиновым кольцом относительно заходной фаски раструба ранее уложенной трубы.

Для выверки положения укладываемой трубы на ее лоток опирают ходовую визирку и затем следят, чтобы верх этой визирки находился на общей линии визирования с двумя неподвижными визирками на обносках. После выверки трубы по вертикали с нее снимают захват, освобождают кран для монтажа следующей трубы и приступают к выверке положения трубы в плане. С этой целью устанавливают по отвесу инвентарные вешки: одну из них на конец укладываемой трубы, а другую – на ранее уложенную. По установленной неподвижной вешке проверяют правильность укладки трубы в плане. При необходимости ее смещают в нужную сторону.

В заключение с помощью натяжного приспособления вводят гладкий конец трубы в раструб ранее уложенной, следя при этом за равномерностью закатывания резинового кольца в раструбную щель. При этом нельзя допускать, чтобы торец втулочного конца был задвинут в раструб до полного упора; между ними должен быть оставлен зазор (для чего и делается разметка), причем для труб диаметром до 1000 мм – величиной 15 мм, а для труб больших диаметров – 20 мм. Соединив трубы, снимают натяжное приспособление и подбивают трубу с боков грунтом на высоту 1/4 ее диаметра с послойным его уплотнением ручными трамбовками.

При монтаже трубопроводов из раструбных железобетонных труб наиболее трудоемкой операцией является введение втулочного конца трубы с резиновым кольцом в раструб ранее уложенной. Для облегчения ее применяют различные приспособления, устройства и механизмы (двух-трехтросовые наружные натяжные приспособления, реечные и гидравлические домкраты, внутренние натяжные приспособления, рычажные и шестеренчатые лебедки, бульдозеры и экскаваторы).

При выборе способа монтажа труб учитывают наличие необходимого оборудования и механизмов, а также условия строительства трубопровода. Монтаж труб с помощью бульдозера может производиться, если бульдозер

используется при планировке (зачистке) дна траншеи, т. е. когда совмещаются эти две операции. Монтаж труб диаметром 1000–1200 мм в траншеях шириной по дну 2,2 м осуществляют с помощью бульдозера.

Монтаж трубопровода с помощью ковша экскаватора ведут при прокладке труб в водонасыщенных грунтах или в стесненных городских условиях строительства, когда траншеем вырывают по мере прокладки труб, и экскаватор, расположенный рядом, используется для их монтажа поворотом ковша.

Применяемые средства механизации монтажа железобетонных и бетонных трубопроводов зависят в основном от типа стыкового соединения и диаметра труб. Тип стыкового соединения определяет технические требования к монтажному оборудованию, а диаметр труб и размеры траншеи – возможные схемы размещения монтажного оборудования и вытекающие отсюда технологической схемы (ТС) производства монтажных работ.

Технические требования к оборудованию для монтажа труб на резиновых уплотнительных кольцах: обеспечение соосности труб и создание необходимого осевого усилия для их стыковки. При монтаже труб с раструбно-винтовым соединением дополнительно нужно обеспечить завинчивание укладываемой трубы в ранее уложенную. Для монтажа труб с зачеканкой стыковых соединений следует обеспечить механизированное уплотнение волокнистых материалов в раструбной щели.

Монтаж бетонных и железобетонных труб в настоящее время ведут в основном по двум технологическим схемам:

ТС-1 – применяют навесное оборудование к крану-трубоукладчику для выполнения всех операций: захвата трубы на берме и ее спуска на дно траншеи, центровки укладываемой трубы к уложенному участку трубопровода и стыковки труб;

ТС-2 предусматривает выполнение центровочных и стыковочных операций перемещающейся по дну траншеи базовой машиной с соответствующим оборудованием.

Каждая из этих схем имеет свои области применения, обусловленные длиной и диаметром труб, и шириной траншеи.