

ЛЕКЦИЯ 3

ТЕМА. БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ РАБОТЫ

Рассматриваемые вопросы

- 3.1. Применение бетона в мелиоративном и водохозяйственном строительстве.
- 3.2. Технология приготовления бетонной смеси.
- 3.3. Транспортировка бетонной смеси к местам укладки.
- 3.4. Опалубочные и арматурные работы. Укладка бетонной смеси.
- 3.5. Производство бетонных работ в зимнее время.
- 3.6. Технология производства монтажных работ.

3.1. Применение бетона в мелиоративном и водохозяйственном строительстве.

В водохозяйственном строительстве бетонные и железобетонные работы занимают важное место и по стоимости следуют за земляными работами.

Распространенность бетона объясняется многими его положительными качествами: прочность и долговечность; использование для его приготовления доступных материалов (песок, гравий, щебень); достаточная водонепроницаемость; возможность возведения сооружений любой формы и механизации всех рабочих операций.

Производство бетонных работ в водохозяйственном строительстве имеет свои организационные особенности – разнообразность сооружений по назначению и крупности, объемам бетона в сооружениях.

Учитывая значительную разбросанность сооружений на мелиоративных системах, причем большинство из них относится к мелким, возведение их способом монолитной кладки неприемлемо. Более целесообразно строить такие сооружения из сборного железобетона. Необходимые для строительства сооружения детали изготавливают на специализированных заводах и полигонах железобетонных изделий, что позволяет повысить производительность труда и качество продукции, а также добиться экономии ресурсов, прежде всего строительных материалов. Таким образом, на объекте строительства возведение сооружения сводится к его монтажу из готовых деталей в соответствии с проектом и заделке и омоноличиванию швов и стыков.

Возведение крупных сооружений (шлюзов, насосных станций) часто ведут способом монолитной кладки. В таком случае большинство необходимых работ выполняют непосредственно на объекте строительства.

Строительство монолитного железобетонного сооружения включает следующие процессы: изготовление, доставка и монтаж опалубки и арматурных конструкций, приготовление, транспортирование и укладка бетонной смеси. Процессы, связанные с изготовлением опалубки и арматурных конструкций, обычно выполняются в специализированных цехах.

3.2. Технология приготовления бетонной смеси

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 ($\Pi_{цбз}$, м³/ч), определяют по формуле

$$\Pi_{цбз} = \frac{J_{мес}}{t_{мес}} \cdot \frac{K_{нер}}{K_{вр}},$$

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

$t_{мес}$ – 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

$$\Pi_{цбз} \geq \frac{Fh_{сп}}{t_{сх} - t_{тр} - t_{ук}},$$

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

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

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

$t_{\text{тр}}$, $t_{\text{ук}}$ – 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 $240 \text{ м}^3/\text{ч}$.

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 циклического действия, или порционной выдачи бетонной смеси, и непрерывного действия. Для гидротехнического строительства применяют бетонные заводы как циклического, 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, дозировочные устройства, смесительные установки, устройства для выдачи готовой бетонной смеси на транспортные средства.

Бетонные заводы циклического действия бывают двух типов: с одноступенчатой (вертикальной) технологической схемой и двухступенчатой.

При **одноступенчатой** схеме (рис. 3.1) 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.

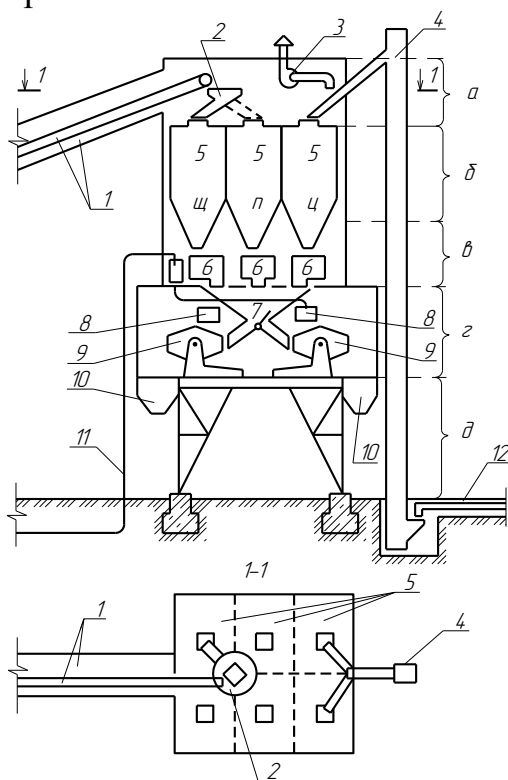


Рис. 3.1. Бетоносмесительная установка при одноступенчатой компоновке: 1 – наклонная галерея с транспортером; 2 – поворотная воронка; 3 – вентилятор; 4 – пневмотранспортер для цемента; 5 – расходные бункеры; 6 – дозаторы; 7 – сборный бункер; 8 – дозаторы для жидких добавок и воды; 9 – бетоносмесители; 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. 3.2.

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.

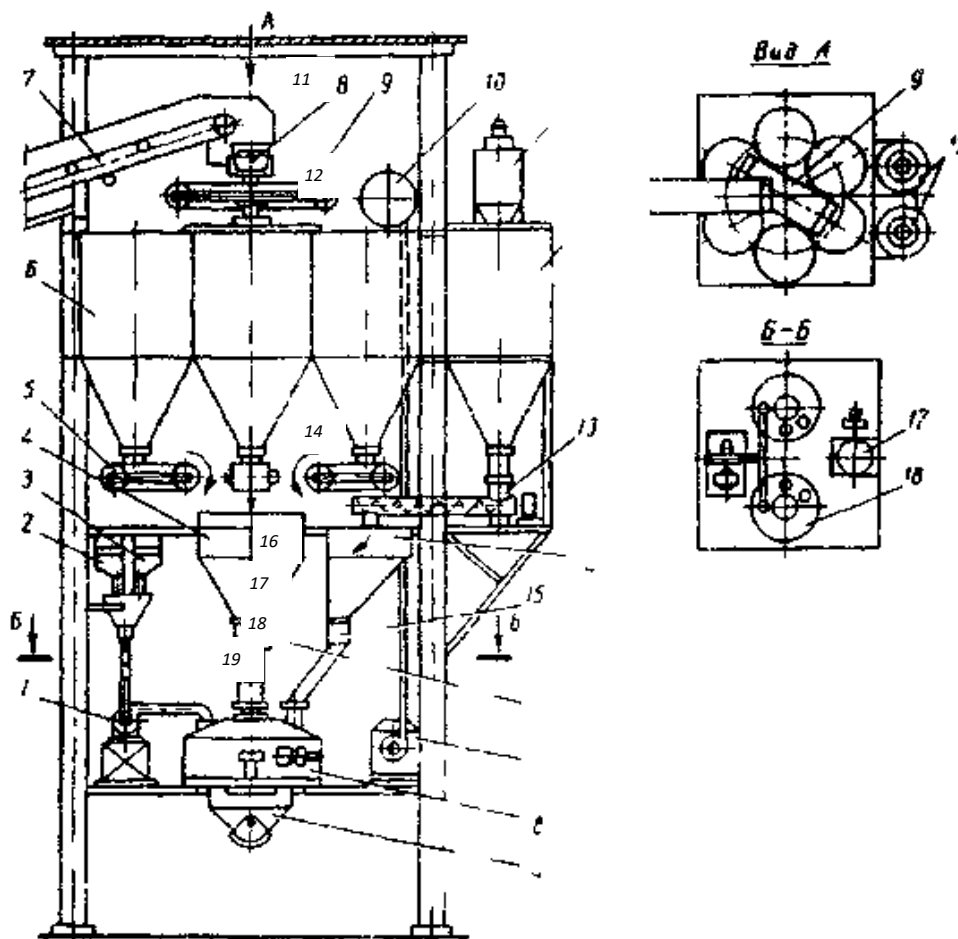


Рис. 3.2. Бетоносмесительный узел с блочным унифицированным оборудованием:
 1 – насос; 2, 3 – дозаторы жидких компонентов; 4 – дозатор; 5 – ленточные питатели;
 6 – расходные бункеры; 7 – конвейер; 8 – воронка; 9 – распределительный конвейер;
 10 – запасник воды; 11 – фильтр-уловитель; 12 – бункер для цемента; 13 – шнек;
 14 – дозатор цемента; 15, 16 – точки; 17 – установка для подогрева воды;
 18 – роторный смеситель; 19 – бункер выдачи готовой смеси

На рис. 3.3 представлена технологическая схема автоматизированной бетоносмесительной установки с турбулентными смесителями, имеющая производительность $50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

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.

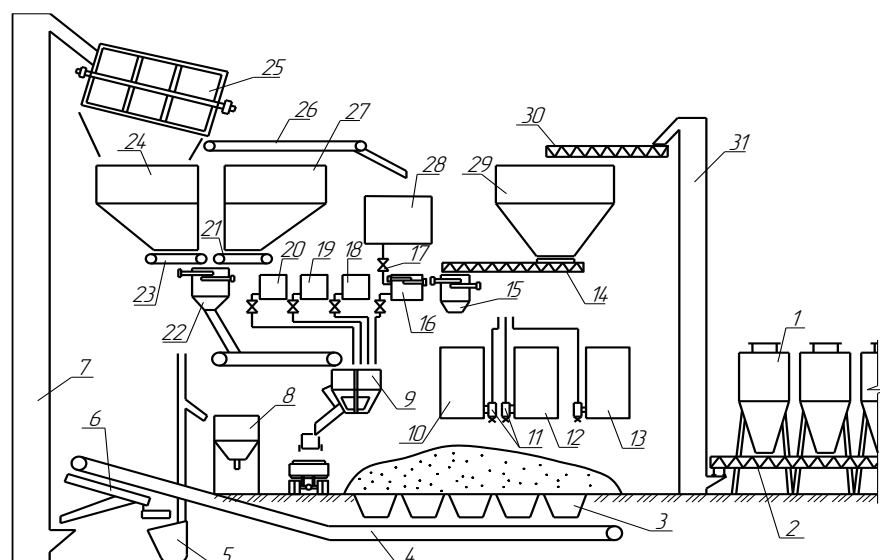


Рис. 3.3. Технологическая схема бетоносмесительного узла с турбулентным смесителем: 1 – силосы для цемента; 2 – шнек; 3 – склады заполнителей; 4 – транспортер; 5 – шахтный подъемник; 6 – грохот; 7 – элеватор; 8 – бункер для отходов; 9 – смеситель; 10, 12 – емкости для добавок; 11 – насос; 13 – бак для 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. 3.4 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.

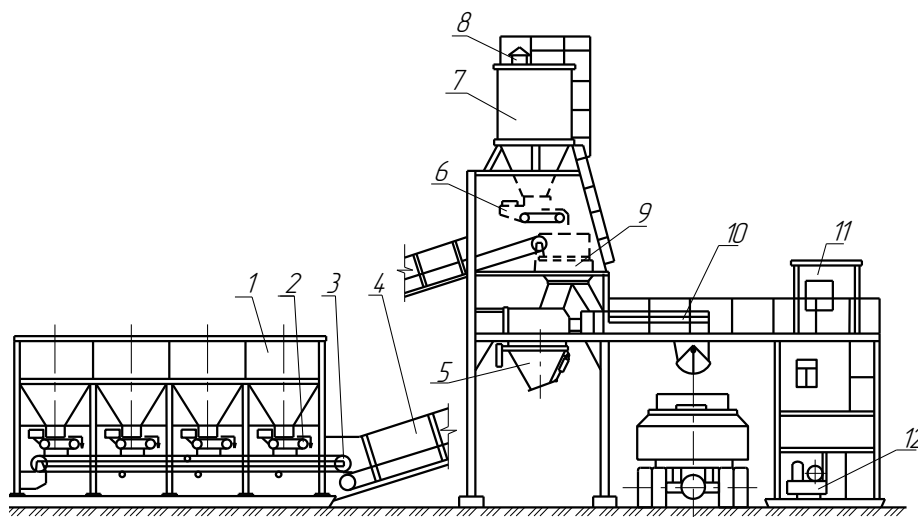


Рис. 3.4. Двухступенчатая бетоносмесительная установка непрерывного действия:
 1 – бункеры для заполнителей; 2 – дозаторы непрерывного действия;
 3, 4 – конвейеры; 5 – дозатор циклического действия; 6 – дозатор для цемента;
 7 – бункер для цемента; 8 – фильтр; 9 – сборная воронка; 10 – смеситель;
 11 – 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. 3.5).

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.

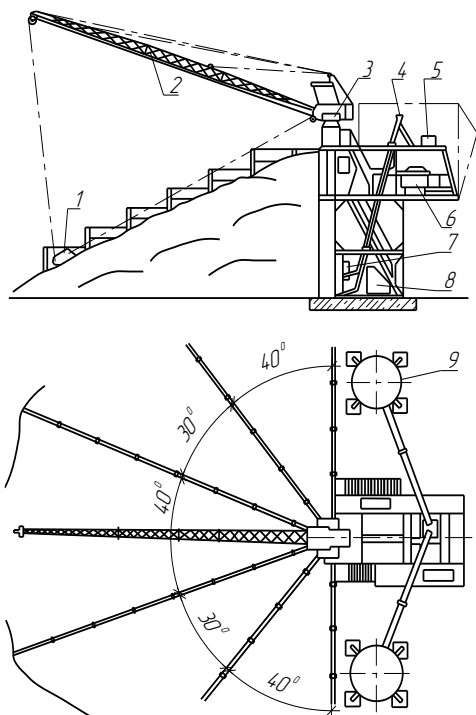


Рис. 3.5. Приобъектная бетоносмесительная установка:
 1 – ковш скреперного типа; 2 – стрела; 3 – поворотная платформа; 4 – шнек для цемента; 5 – дозатор для цемента; 6 – роторный смеситель; 7 – дозатор для заполнителей; 8 – загрузочный ковш; 9 – склад цемента

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. 3.6.

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

вместимостью по выходу 330 л СБ-16Г (рис. 3.7), а при возведении мелких сооружений – СБ-116А (рис. 3.8).

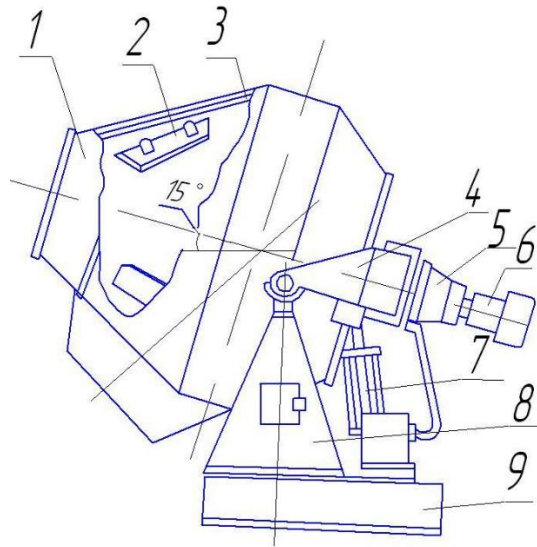


Рис. 3.6. Бетоносмеситель гравитационный стационарный:
 1 – барабан; 2 – смесительные лопасти;
 3 – облицовочные плиты; 4 – траверса;
 5 – редуктор; 6 – электродвигатель;
 7 – пневмоцилиндр; 8 – стойки; 9 – рама

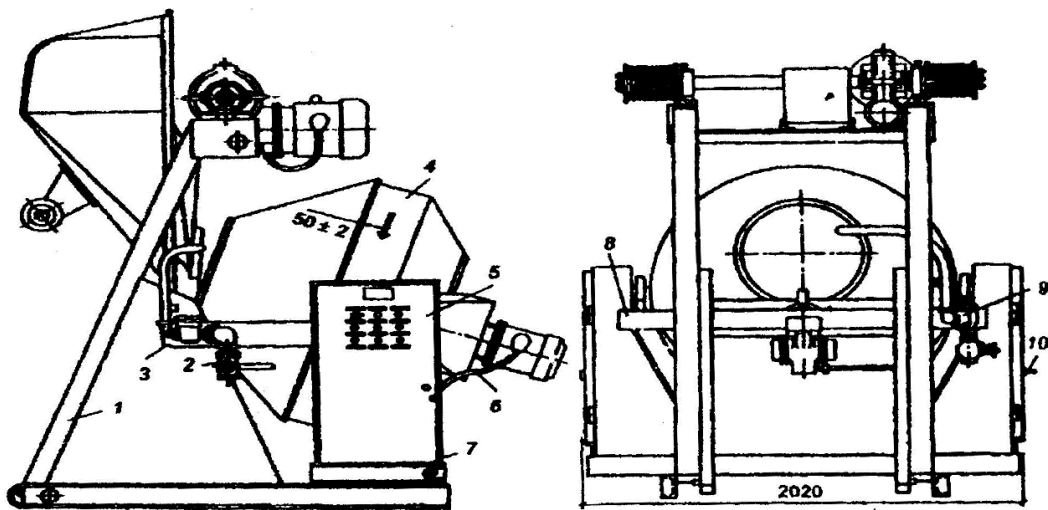


Рис. 3.7. Бетоносмеситель СБ-16Г:
 1 – стойка; 2 – дозатор для воды; 3 – правый швеллер; 4 – барабан;
 5, 6 – электрооборудование; 7 – рама; 8 – левый швеллер;
 9 – система подачи воды; 10 – ключ

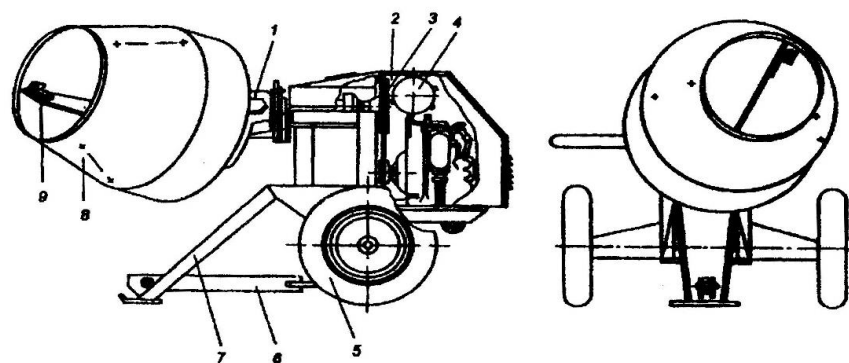


Рис. 3.8. Бетоносмеситель СБ-116А:

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. 3.9).

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.

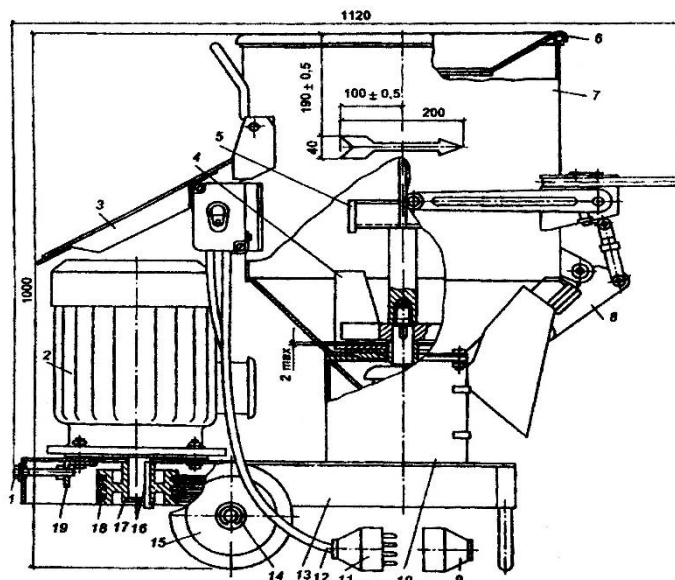


Рис. 3.9. Бетоносмеситель турбулентный принудительного перемешивания: 1 – натяжной болт; 2 – электродвигатель; 3 – щиток; 4 – ротор; 5 – лопасть; 6 – крышка; 7 – бак; 8 – разгрузочное устройство; 9 – розетка; 10 – ограждение; 11 – вилка; 12 – кабель; 13 – основание с приводным валом; 14 – стопорное кольцо; 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.

3.3. 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. 3.10).

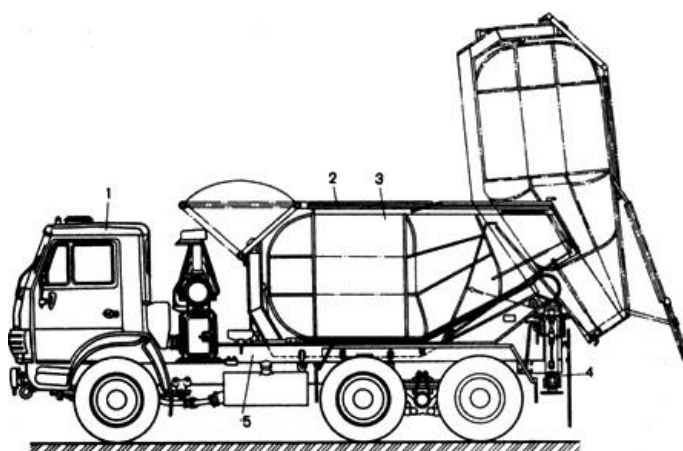


Рис. 3.10. Автобетоновоз:

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 (рис. 3.11). В гидротехническом строительстве автобетоносмесители используют в основном для перевозки сильно расслаивающихся высокопластичных или литых (с осадкой конуса свыше 20 см) бетонных смесей.



Рис. 3.11. Автобетоносмеситель

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 бетонируемое 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 пневмобетонукладчиками.

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 пневмобетонукладчиках 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/м³, конвейерами – около 2 чел. · ч/м³.

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.

3.4. 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. 3.12). 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.

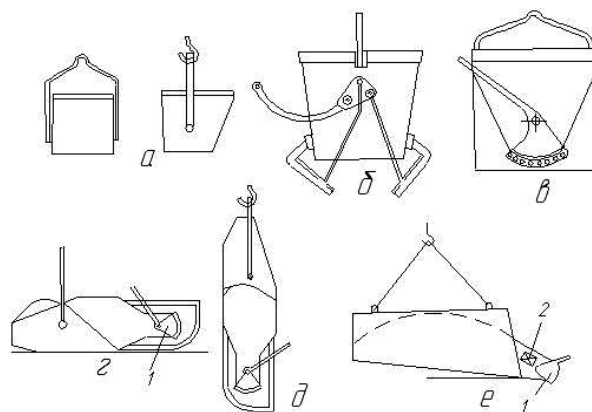


Рис. 3.12. Бадьи для бетонных смесей:
а – опрокидная; *б* – опрокидная с двухстворчатым плоским затвором; *в* – опрокидная с шторно-роликовым затвором;
г – ковш-бадья в положении загрузки; *д* – то же на крюке крана;
е – виброковш-бадья; *1* – секторный затвор; *2* – наружный вибратор

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. 3.13.

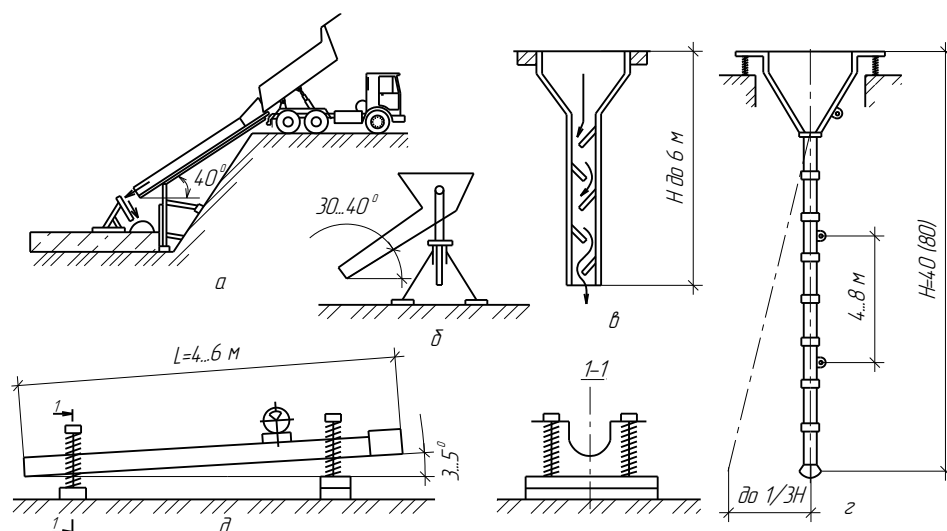


Рис. 3.13. Устройство для подачи и распределения бетонной смеси:
а – деревянный лоток и отбойный щит; *б* – поворотный лоток;
в – деревянный хобот; *г* – металлический виброхобот; *д* – вибролоток

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 бетонировать 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. 3.14). 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;

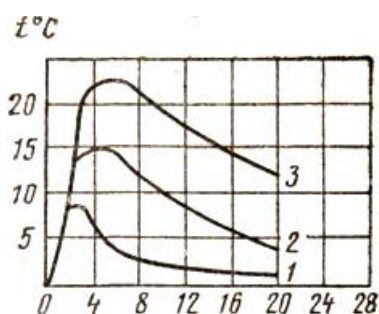
$t_{\text{сх}}$ – время от момента подачи воды при приготовлении бетонной смеси до начала ее схватывания; оно зависит от вида и активности цемента, температуры бетонной смеси, наружного воздуха, влажности среды и колеблется в летнее время от 1 до 2 ч;

$t_{\text{тр}}$ – 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. 3.14. 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 ви-

браторы (вibrаторы 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 формующим оборудованием и применяются на полигонах и заводах сборных железобетонных изделий.

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

Конструктивно вибратор состоит из возбуждателя (вибрационного механизма) с двигателем и передачами, рабочего органа и во многих случаях амортизаторов. **Электрохимические 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 возбуждателей – 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 возбуждателя – 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 электрохимическим 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. 3.15.

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.

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.

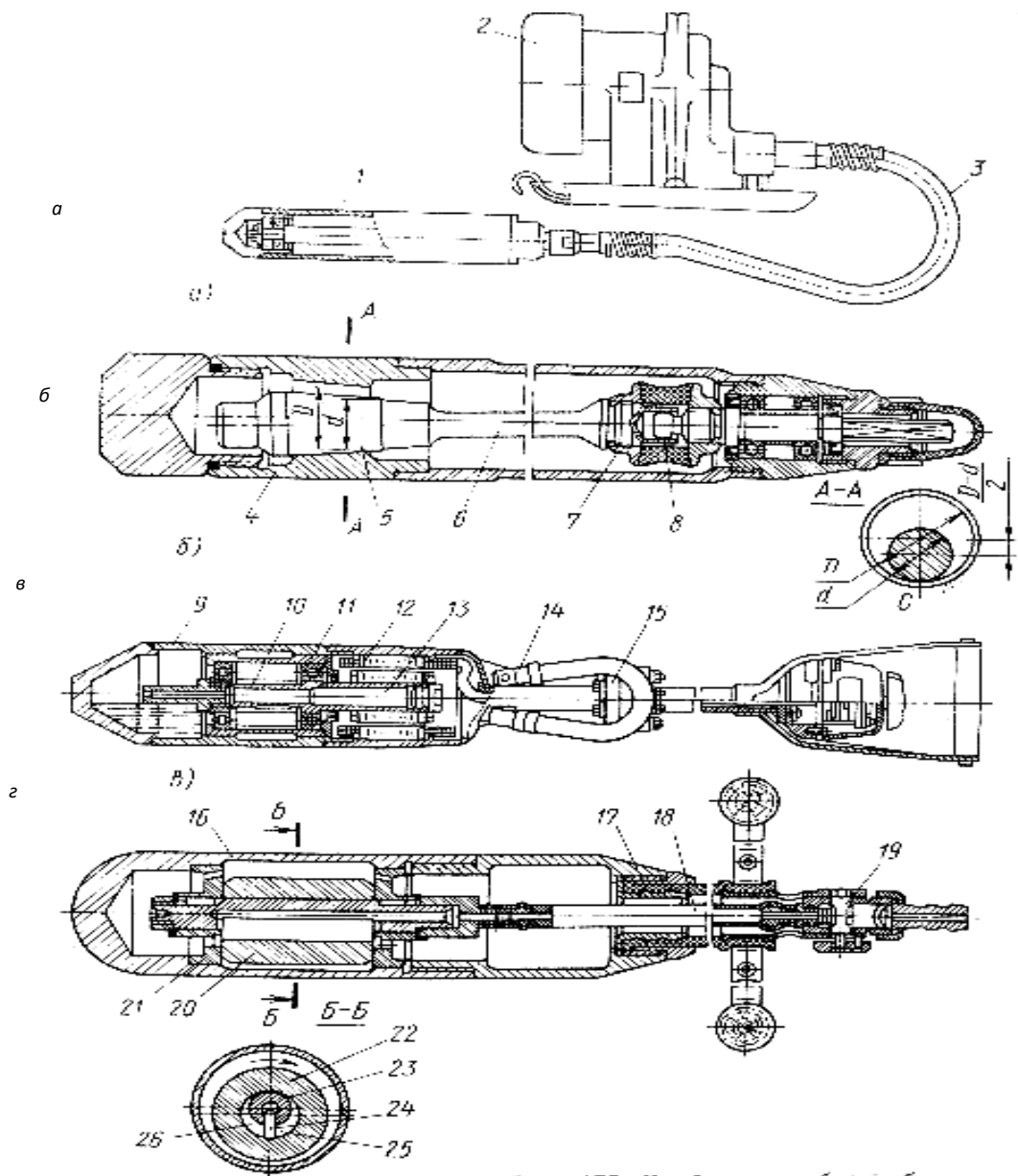


Рис. 3.15. Глубинные вибраторы:

- а* – 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

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/м^3 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.

3.5. Производство бетонных работ в зимнее время

Особенностью и требованием при зимнем бетонировании является создание такого режима укладки и твердения бетона, при котором он к моменту замерзания приобретает необходимую прочность, называемую *критической*. Пределы такой прочности указываются в ТНПА.

Критическая прочность бетона в предварительно напряженных конструкциях должна быть не ниже 70 % проектной. Если конструкции предполагается нагружать в зимний период, то к моменту замораживания прочность бетона в них должна достигнуть 100 % от проектной.

Для получения в зимних условиях бетона хорошего качества необходимо обеспечить для него такой температурно-влажностный режим, при котором физико-химические процессы твердения не нарушаются и не замедляются. Продолжительность поддержания такого режима должна обеспечивать достижение критической или проектной прочности.

В зависимости от характера выдерживания бетона способы зимнего бетонирования подразделяются на две группы: *безобогревные* и *обогревные*.

К *безобогревным* способам относится бетонирование в тепляках, метод термоса, применение бетонов с противоморозными добавками и «холодных» бетонов. К *обогревным* относят методы искусственного подогрева бетона с применением электричества, пара или горячего воздуха. Способ бетонирования для конкретного объекта выбирают после технико-экономического сравнения вариантов с учетом темпа бетонирования, местных ресурсов и возможностей.

В зимних условиях наряду с созданием оптимальной тепловлажностной среды для выдерживания бетона применяют ряд специальных приемов обеспечения требуемой температуры бетонной смеси в процессе ее приготовления, а также по предохранению охлаждения смеси при ее транспортировании и укладке.

При бетонировании монолитных конструкций при отрицательных температурах до начала укладки бетонной смеси опалубку и арматуру, закладные части очищают от снега и наледи с помощью струи горячего воздуха или путем укрытия водонепроницаемыми материалами, путем оттаивания и высушивания поверхностей опалубки, арматурных изделий. Снимать наледь с помощью пара или горячей воды не допускается.

Способы и режимы укладки смеси назначают в зависимости от температуры уложенной бетонной смеси к началу выдерживания или термообработки бетона, которая должна быть не менее:

- температуры, установленной расчетом при использовании метода термоса;
- температуры замерзания воды затворения, увеличенной на 5 °С при использовании противоморозных добавок;
- 0 °С в наиболее охлажденных зонах при использовании предварительного электроразогрева бетонной смеси;
- температуры, установленной расчетом при использовании других методов зимнего бетонирования.

Следует применять такие способы, которые обеспечивают минимальные потери в процессе приемки и подачи бетонной смеси. При крановой укладке необходимо обеспечить возможность выгрузки доставляемой смеси из автотранспортных средств непосредственно в бункера. Для подачи смеси используют бункера в зимнем исполнении. Уменьшение теплотерь может быть достигнуто путем укрытия бункеров теплоизоляционными крышками. Применение современных бетононасосных установок позволяет изолировать бетонную смесь при ее укладке в конструкции от воздействия ветра и атмосферных осадков, а также улучшить температурный режим приемки, подачи и распределения. В качестве нагнетательного оборудования при температуре воздуха до минус 15 °С может быть использована бетононасосная установка в обычном (летнем) исполнении. В этом случае для перекачивания по трубам используют горячие бетонные смеси (30–35 °С) или смеси с противоморозными добавками. Для обеспечения удобоперекачиваемости легкобетонных смесей пористые заполнители насыщают раствором нитрита натрия.

Укладку бетонной смеси следует вести непрерывно. В случае возникновения перерывов поверхность бетона укрывают, утепляют, а при необходимости и обогревают. Послойное бетонирование массивных монолитных конструкций ведут так, чтобы температура бетона в уложенном слое до перекрытия его следующим не опускалась ниже предусмотренной расчетом. Все открытые поверхности укладываемого бетона после окончания бетонирования укрывают пароизоляционными материалами (полимерная пленка, рубероид и т. п.) и утепляют в соответствии с режимом выдерживания бетона.

Применение бетонов с противоморозными добавками (нитрит натрия, поташ, нитрит кальция + мочевины и др.), обеспечивающими твердение при отрицательных температурах, позволяет транспортировать смесь в неутепленной таре и укладывать ее на морозе. Добавки вводят в бетонную смесь в виде водных растворов рабочей концентрации, которые получают смешиванием концентрированных растворов добавок с водой затворения и подают в бетоносмеситель через дозатор воды.

Противоморозную добавку следует выбирать в зависимости от типа и условий эксплуатации конструкции, темпов строительства, температуры наружного воздуха и ТЭП.

Смесь с противоморозными добавками укладывают в конструкции и уплотняют с соблюдением общих правил укладки бетона. При небольших объемах и невысоких скоростях строительства использование добавок в ряде случаев целесообразно. Однако как основной метод без дополнительного прогрева бетона он неэффективен, особенно при возведении зданий с монолитными перекрытиями и широким шагом несущих стен. Недостатком этого метода является низкая скорость набора прочности бетоном и невысокий темп оборачиваемости опалубки. Кроме того, некоторые добавки (хлористые соли) ухудшают качество поверхности возводимых конструкций из-за появления высолов.

Применение противоморозных добавок имеет значительные ограничения. Так, они не допускаются при бетонировании преднапряженных конструкций; конструкций, подвергающихся воздействию динамических нагрузок; конструкций, эксплуатируемых при влажности воздуха более 60 %, при температуре более 60 °С, соприкасающихся с агрессивными водами, находящимися в непосредственной близости (до 100 м) к источникам тока высокого напряжения; монолитных домов и вентиляционных труб.

Бетонирование в тепляках. Тепляки представляют собой временные сооружения или приспособления, внутри которых поддерживается положительная температура для обеспечения твердения бетона, а в некоторых случаях – и для производства подготовительных и бетонных работ.

По конструкции, габаритам и способам укладки в них бетонной смеси применяют тепляки следующих типов: малые – палатки из паронепроницаемых материалов, в которых укладка смеси производится средствами механизации, расположенными вне тепляка, либо тепляк устраивается немедленно после укладки бетона (применяются при бетонировании конструкций нулевого цикла или конструкций небольших размеров в плане); объемные, внутри которых размещаются средства механизированной укладки бетона и производятся подготовительные и бетонные работы; передвижные, перемещаемые вдоль протяженных бетонизируемых конструкций; подъемные – для возведения высотных железобетонных сооружений в скользящей опалубке.

При сильных морозах рекомендуется применять двухслойные стены тепляка.

В качестве тепляков можно использовать как выпускаемые промышленностью палатки общего назначения, так и подготовленные специально для применения в качестве тепляков при бетонировании конкретных конструкций.

Парообогрев бетона. Для парообогрева бетона должен быть использован насыщенный пар с давлением не более 0,07 МПа.

Парообогрев следует применять при выдерживании конструкций небольшой толщины – полов, днищ резервуаров, перекрытий и т. д.

Не рекомендуется применять парообогрев бетона конструкций высотой более 1 м во избежание значительной неравномерности температуры по высоте, также не разрешается парообогрев бетона на грунтах, не допускающих увлажнения.

Необходимо предусматривать организованный отвод конденсата во избежание образования наледей, примерзания брезента или коробов к основанию.

Не рекомендуется паропрогрев бетона с добавками – ускорителями твердения при температуре выше 60 °С, так как при этом снижается эффективность их применения (возрастает стоимость бетона при относительно небольшом росте его прочности).

Паропрогрев с нагнетанием пара в объем бетона. Применяют при использовании сухих бетонных смесей, которые укладывают и уплотняют в опалубке, после чего их влагонасыщают и разогревают за счет нагнетания водяного пара под избыточным давлением от 0,3 до 0,6 МПа. Перфорацию пароподводящих устройств выполняют в виде отверстий диаметром 5–10 мм либо прорезей на рабочую высоту (на 50–100 мм меньшую высоты слоя бетона).

Допускается охлаждение сухих смесей до начала подачи пара без ограничения температуры и остановки в работе по их укладке в опалубку при отрицательной температуре воздуха до 30 сут.

Водяной пар для влагонасыщения и разогрева бетона может быть получен от теплоцентрали либо от мобильных передвижных парогенерирующих устройств, смонтированных на шасси автомобиля или на прицепных шасси. Конденсация пара при контакте с более холодными компонентами сухой бетонной смеси сопровождается образованием воды, обеспечивающей реакции гидратации и твердение цемента, и выделением большого количества теплоты, позволяющей разогревать бетон с высокой скоростью за относительно короткий период времени подачи пара.

За время подачи пара в течение 15–30 мин бетон разогревают до температуры 60 °С для бетона с добавками – ускорителями твердения, до 90 °С для бетона на шлакопортландцементе, после чего он твердеет методом термоса.

Продолжительность термостатического твердения бетона (остывания с опалубкой) составляет 16–24 ч, что обеспечивает прочность бетона на 50–90 % от проектной.

Прогрев бетона в термоактивной опалубке. Термоактивная опалубка используется для обогрева бетонных и железобетонных конструкций различных конфигураций и размеров (ступенчатых и столбчатых фундаментов

под каркасы зданий, колонн, стен, перекрытий и пр.). Термоактивная опалубка может применяться для обогрева грунтовых, бетонных и других оснований, обогрева «старого» бетона, удаления наледи с арматуры и обогрева арматуры.

Термоактивная опалубка применяется для конструкций и сооружений, к которым предъявляются специальные требования по водонепроницаемости, износоустойчивости, химической стойкости или морозостойкости.

Бетонирование конструкций в термоактивной опалубке допускается при температуре наружного воздуха до минус 40 °С.

Температура бетонной смеси перед ее укладкой в опалубку должна быть не ниже 5–7 °С.

Метод обогрева бетонных и железобетонных конструкций в термоактивной опалубке может быть совмещен с предварительным электроразогревом бетонной смеси, с применением ускорителей твердения, а также с использованием противоморозных химических добавок.

В качестве нагревателей в опалубке могут применяться трубчатые электронагреватели (ТЭНы), электрокабели и провода, электропроводные углеродистые ткани и ленты, пластины из них, полимерные греющие провода, проволочные, сетчатые, пластинчатые, стержневые и другие, соответствующие требованиям по электрическому сопротивлению и сроками службы не менее 1000 ч.

Предварительный электроразогрев бетонной смеси, индукционный нагрев бетона и инфракрасный обогрев. Предварительный электроразогрев заключается в быстром разогреве бетонной смеси в построечных условиях (поверхностными и глубинными электродами) путем пропускания через нее электрического тока и укладке смеси в утепленную опалубку. Электродный прогрев бетона обеспечивается через электроды, располагаемые внутри или на поверхности бетона. Соседние или противоположные электроды подсоединяют к проводам разных фаз, в результате чего между электродами в бетоне возникает электрическое поле, прогревая его. Ток в армированных конструкциях пропускают напряжением 50–120 В, а в неармированных – 127–380 В. При прохождении тока бетон нагревается и в течение 1,5–2 суток и достигает заданной прочности в процессе медленного остывания в опалубке. Предварительный электроразогрев бетонной смеси применяют в сочетании с производством бетонных работ методом термоса.

Продолжительность форсированного электроразогрева бетонной смеси до заданного уровня температуры должна находиться в пределах от 5 до 20 мин.

Разогретую бетонную смесь укладывают в конструкцию (подготовленную опалубку) и уплотняют обычными способами, после чего неопалубленную поверхность бетона укрывают влаго- и теплоизолирующим покрытием расчетной толщины, обеспечивающей последующее остывание монолитной конструкции по заданному температурному режиму.

3.6. Технология производства монтажных работ

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 внутривозвратного 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 простоям 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 домоноличивают.

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.