



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АН – ацетат натрия  
БСУ(З) – бетоносмесительный узел (завод)  
БТЦ – быстро твердеющий цемент  
БХК – бихромат калия  
БХН – бихромат натрия  
БЭ – битумная эмульсия  
ВПТ – вертикально перемещаемые трубы  
ГКЖ – гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость  
ГП – гиперпластификаторы  
ДЭГ – диэтиленгликолевая смола  
ЗЖБИ – завод железобетонных изделий  
ИВ – инерционный вибратор  
ЛСТ – лигносульфанат технический  
МК – микрокремнезем  
МЦ – масса цемента  
М – мочевины  
НК – нитрат кальция  
ННК – нитрит-нитрат кальция  
ННХК – нитрит-нитрат-хлорид кальция  
НН – нитрит натрия  
ОБТЦ – особо быстро твердеющий цемент  
ОК – осадка конуса  
ОП – вспомогательный препарат  
П – поташ  
ПА – паста алюминиевая  
ПАВ – поверхностно-активное вещество  
ПАП – пудра алюминиевая  
ПВ – пневматический вибратор  
ПК – патока кормовая  
ПОЭ – полиоксиэтилен  
ППР – план производства работ  
ПСХ – прибор контроля удельной поверхности дисперсных материалов  
ПЦ – портландцемент  
РК – расплыв конуса  
С – сульфат  
СА – сульфат алюминия  
СДО – смола древесная омыленная  
СЖ – сульфат железа  
СН – сульфат натрия  
СНВ – смола нейтрализованная воздухововлекающая  
СП – суперпластификаторы  
СПС – смола пиролиза сульфированная  
ТАГП – термоактивные гибкие покрывала

ТБН – тетраборат натрия  
ТЭГ – триэтиленгликолевая смола  
ТЭН – термический электрический нагреватель  
УДМК – ультрадисперсный микрокремнезём  
ФН – формиат натрия  
ХЖ – хлорид железа  
ХК – хлорид кальция  
ШПЦ – шлакопортландцемент  
ЩСПК – щелочной сток производства капролактама  
ЩСПКм – щелочной сток производства капролактама модифициро-  
ванный

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие отражает проблематику ведения строительства с применением цементного конструкционного бетона с позиций технологического обеспечения бетонных работ. Основное внимание уделено технологическим переделам: подбору материалов для бетона и их влиянию на его свойства; приготовлению бетонных смесей, включая вопросы применения химических добавок различного назначения, разогрева бетона и др.; особенностям транспортирования бетонных смесей в зимний и летний периоды работ, приема, подачи и укладки бетона в опалубку; особенностям ухода за бетоном и режимов его твердения с целью обеспечения заданных физико-технических свойств и характеристик. В меньшей мере (в определенной степени с позиций ознакомления с соответствующей проблематикой) рассмотрены вопросы, относящиеся к разновидностям технологии ведения бетонных работ разными вариантами и приемами, а также к ведению опалубочных и арматурных работ в построечных условиях.

Учитывая климатические особенности Беларуси, в частности наличие зимнего периода работ (с октября-ноября по март-апрель), а также то обстоятельство, что строительные организации практикуют круглогодичное ведение бетонных работ, подробно рассмотрена проблематика зимнего бетонирования. Материал данного раздела пособия базируется на обширных (и общепризнанных в мировой практике строительства) теоретико-практических результатах разработок ученых и практиков советской научной школы.

Пособие предназначено для обеспечения учебного процесса подготовки студентов учреждений высшего образования строительного профиля, а также может быть полезно для инженерно-технических работников строительной отрасли.

# 1. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВЕДЕНИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Предмет и содержание курса.** Предметом рассмотрения в пособии является технологическое обеспечение бетонных работ при строительстве монолитным способом и в варианте приобъектного изготовления сборных элементов строящихся зданий и сооружений.

Содержание пособия включает информацию о способах и приемах бетонирования и последовательное рассмотрение следующих технологических переделов:

- выбор материалов и проектирование состава бетона;
- приготовление и транспортирование смеси при различных метеоусловиях;
- модификация технологических свойств бетонной смеси, физико-механических и эксплуатационных свойств бетона минеральными и химическими добавками;
- прием, подача и укладка бетона в опалубку, уход за ним в период твердения, контроль качества бетона;
- поверочный расчет и подготовка к формированию опалубки, технология армирования; расчет температурных режимов транспортирования бетонной смеси и твердения бетона в зимний период работ с применением различных методов прогрева (обогрева, разогрева);
- оборудование, используемое для обеспечения ведения бетонных работ монолитным способом;
- особенности технологии приобъектного изготовления сборных элементов строящихся зданий и сооружений.

**Место и роль монолитного бетона в строительстве.** Согласно имеющимся в технической (статистической) литературе и информационной сети данным доля монолитного строительства с применением бетона и железобетона в общем объеме строительства составляет:

- в США – до 85...87%;
- Японии – до 80...85%;
- странах Европы – до 65...75% (при больших значениях для стран ее южных регионов).

В нашей республике эта доля составляет до 35% общего объема строительства из бетона и железобетона и в основном сосредоточена в столице и в областных центрах. Имеется общая тенденция к увеличению доли монолитного строительства в Беларуси, которая объективно ограничивается метеоусловиями климатической зоны нашей страны, т.е. наличием продолжительного (примерно 5 месяцев) зимнего периода.

*Преимущества* монолитного варианта строительства в сопоставлении со сборными вариантами следующие.

1. Монолитные железобетонные конструкции обладают более высокой несущей способностью как неразрезные в сравнении с разрезными, т.е. сборными, конструкциями.

В результате равная несущая способность, например элементов несущего каркаса зданий, позволяет снизить материалоемкость до 15...20%. Существенно снижается энергоемкость строительства в летний период ведения работ по сравнению с общими энергетическими затратами при заводском производстве сборных изделий и конструкций и строительства с их применением.

2. Для монолитных зданий снижаются эксплуатационные затраты с учетом минимизации стыков по наружному контуру и повышается эксплуатационная надежность и долговечность за счет минимизации сварных соединений.

3. Монолитное строительство дает возможность реализации индивидуальных проектов зданий и сооружений, повышения архитектурной выразительности и разнообразия застройки.

*Недостатки* монолитного варианта строительства в сравнении с его сборным вариантом следующие.

1. Имеет место фактическая необходимость (которая практически не соблюдается) сезонности в ведении бетонных работ в климатической зоне Беларуси с октября по март (иногда по апрель). Условия построечных работ в зимний период ведут к увеличению энергетических затрат и снижению качества строительства. В частности, возникают сложности с обеспечением надлежащего температурно-влажностного режима твердения бетона, его прочностных и эксплуатационных характеристик и требуемой несущей способности строительных конструкций.

2. Перекрытия зданий устраиваются с обычным армированием, так как реализация преднапряжения арматуры в традиционном строительстве затратна и практически не используется (кроме уникальных зданий и сооружений), что ведет к увеличению расхода стальной арматуры и удорожанию строительства.

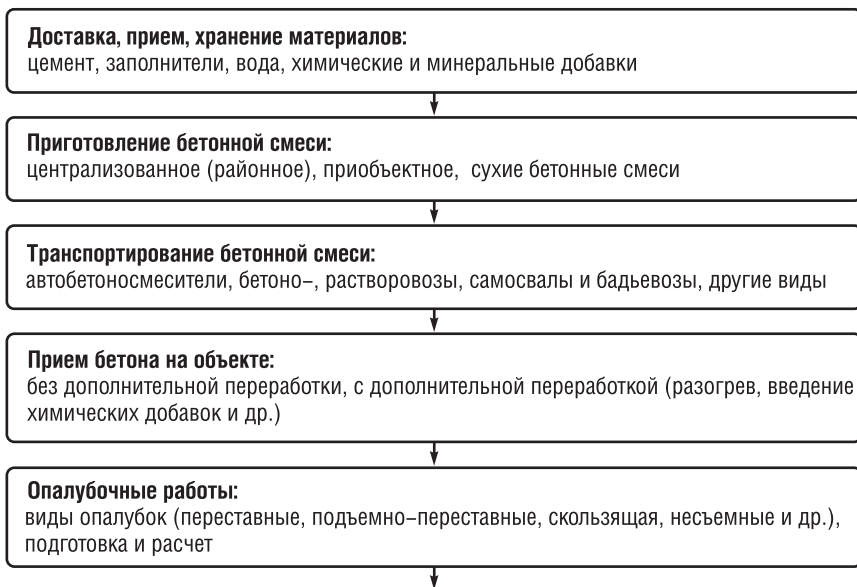
3. Высококачественные, сложные и дорогостоящие опалубочные системы характеризуются меньшим сроком эксплуатации в сравнении с формами для заводского изготовления изделий.

4. В построечных условиях чрезвычайно сложно и затратно возводить монолитные наружные ограждающие конструкции с требуемым коэффициентом термического сопротивления теплопередаче (нормируется  $R_{\text{н}}^{\text{мон}} \geq 3,2, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , а в перспективе  $R_{\text{н}}^{\text{мон}} \geq 4,0...4,5, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ). В результате необходимы дополнительные работы по теплоизоляции наружного контура строящихся зданий.

В этой связи наиболее перспективен *сборно-монолитный вариант строительства*, сочетающий преимущества монолитного железобетона для устройства (возведения) элементов нулевого цикла и несущего каркаса зданий с устройством сборных перекрытий из преднапряженных изделий, а также со сборными конструкциями наружных стен, лестничных переходов, лифтов и других элементов зданий, сложных конструктивно и конфигурационно, что усложняет их возведение (устройство) монолитным способом.

## 1.1. Принципиальная технологическая схема традиционного бетонирования монолитным способом

На рис. 1.1 представлена принципиальная технологическая схема ведения бетонных работ традиционным способом – с использованием водозатворенной, готовой к употреблению бетонной смеси конструкционного бетона. Она отражает технологическую последовательность работ от момента поступления материалов для бетона к месту приготовления бетонной смеси до контроля качества затвердевшего бетона монолитных конструкций. При этом каждый из технологических пределов схемы включает вопросы, которые составляют его сущность и отражены в настоящем пособии в последовательности, приведенной на рис. 1.1.



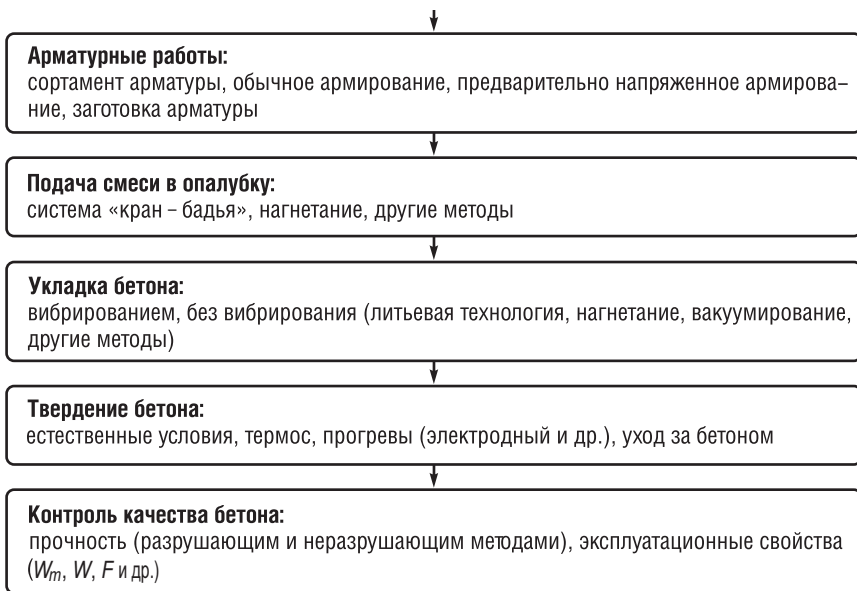


Рис. 1.1. Принципиальная технологическая схема традиционного бетонирования монолитным способом

## 1.2. Принципиальные технологические схемы нетрадиционных способов бетонирования

### 1.2.1. Способ вертикально перемещаемых труб

Способ вертикально перемещаемых труб (ВПТ) был разработан для подводного бетонирования (рис. 1.2, 1.3) конструкций мостовых опор (и подобных им) бескессонным (без отвода воды) методом строительства. В первоначальном варианте (рис. 1.2) этот способ начал широко применяться еще в XIX в. Усовершенствованный его вариант (рис. 1.3) появился в 30–40-х гг. XX в. в связи с развитием и применением вибрации и вибрационных механизмов для уплотнения (и повышения качественных характеристик) бетона.

Принцип бетонирования через бетоноподающие (в более ранней терминологии – бетонолитные) трубы используется и в современном строительстве, в частности в варианте бетонирования с обсадными трубами (рис. 1.4 и 1.5), при специальном методе бетонирования «стена в грунте» и др. (см. далее).

Применительно к схеме рис. 1.2 условие, которое обеспечивает распределение бетонной смеси в опалубке (без учета потерь на



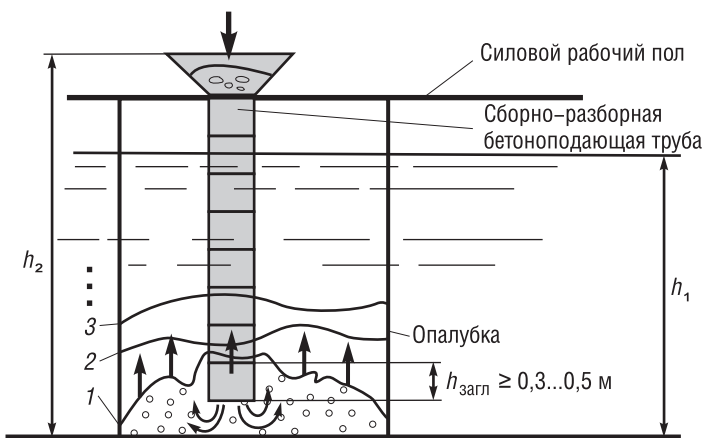


Рис. 1.2. Принципиальная схема бетонирования с помощью ВПТ: 1–3 – захватки

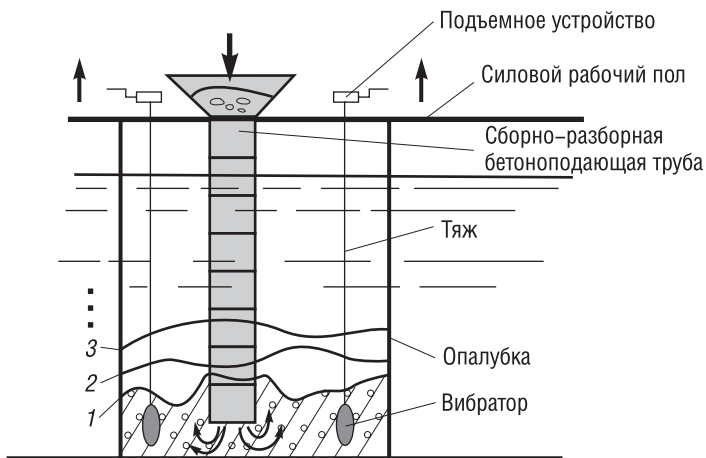


Рис. 1.3. Принципиальная схема способа ВПТ с виброуплотнением бетона: 1–3 – захватки

трение в трубе), – это перепад давления  $\Delta P$  между слоем бетонной смеси высотой  $h_2$  со средней плотностью  $\rho_{см}$  и слоем воды высотой  $h_1$  с плотностью  $\rho_в$ , что приблизительно соотносится с зависимостью:  $\Delta P \sim h_2 \cdot \rho_{см} - h_1 \cdot \rho_в$ , Па ( $h_1, h_2$ , м;  $\rho_в, \rho_{см}$ , Н/м<sup>3</sup>).

Технологическая последовательность работ включает:

- устройство опалубки, путей и оборудования для подачи бетона и пр.;
- устройство силового рабочего пола, приемной воронки и трубы из сборных элементов; при этом низ трубы (выход) должен иметь заглушку (или герметичный клапан), чтобы не допустить попадания воды в трубу с целью предотвращения размыва бетона;

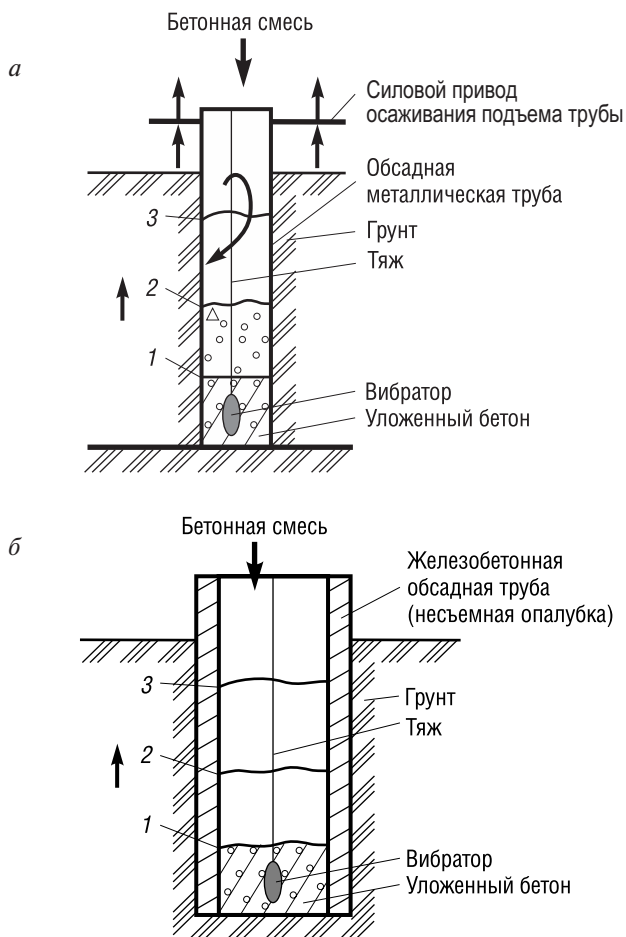


Рис. 1.4. Принципиальные схемы бетонирования с обсадными трубами:  
 а – съёмными; б – несъёмными; 1–3 – захватки

- выполнение арматурных работ (при наличии);
- бетонирование, которое рекомендуется начинать первой порцией смеси подвижностью, характеризующейся осадкой стандартного конуса ОК  $\geq 15$  см, а затем при ОК  $\geq 18$  см (в современных условиях с пластифицирующими добавками – литые смеси, т.е. ОК  $\geq 21$  см);
- осуществление демонтажа разборной трубы в сочетании с периодическим подъемом нижних звеньев (выхода) по мере подъема уровня бетона (работы ведут захватками по высоте (1; 2; 3...));
- заглубление при подъеме нижней части (выхода) трубы в ранее уложенный бетон, которое должно быть не менее 0,3 м.

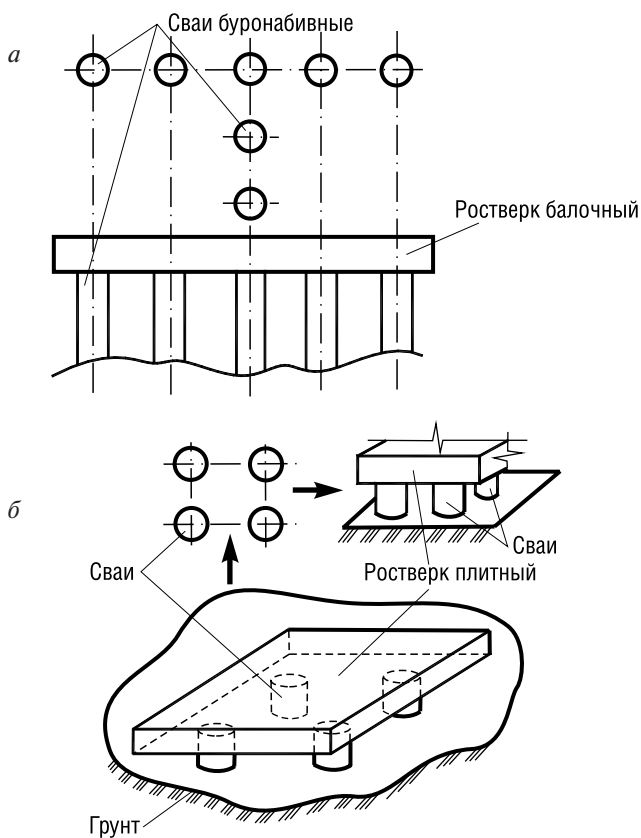


Рис. 1.5. Принципиальные схемы примеров применения ВПТ в виде балочного ростверка (а) и плитного ростверка (б)

Соблюдение изложенных правил минимизирует «размыв» контактирующего с водой слоя бетона. При подъеме «фронта» бетона и вытеснении им воды (за счет давления новых порций бетонной смеси) размыву подвергается его минимальный объем, с которым проводят доработку по мере выхода его на поверхность бетонируемой конструкции.

На рис. 1.3 представлен вариант реализации способа ВПТ с вибрационным уплотнением бетона системно размещенными глубинными вибраторами на гибких тросах. По мере необходимости они поднимаются лебедками (или иными подъемными устройствами) на требуемую высоту (заглубление) бетонируемой захватки. Применение вибраторов обеспечивает повышение качественных характеристик бетона, снижение расхода цемента, использование бетонных смесей

с минимально необходимой подвижностью, создающей условия подачи ее по бетоноподающей трубе (трубам). В остальном технология ведения работ соответствует принципиальной схеме рис. 1.2.

На рис. 1.4 показана принципиальная схема бетонирования по методу ВПТ с использованием извлекаемой обсадной трубы (рис. 1.4, *а*) и неизвлекаемой обсадной трубы (рис. 1.4, *б*), а на рис. 1.5 приведены отдельные примеры применения метода ВПТ для устройства опор, оснований ростверков и пр.

Вариант бетонирования с обсадными трубами разработан для безкотлованного устройства конструкций нулевого цикла (опор, фундаментов, подпорных стен и т.д.) в первую очередь в «слабых» грунтах, в частности в сыпучих и водонасыщенных грунтах, которые не способны держать форму, приданную при выборке, например бурением или иным способом.

По схеме бетонирования рис. 1.4, *а* применяют извлекаемые многоразового использования металлические обсадные трубы. Работы осуществляются по двум основным вариантам. Упрощенный вариант реализуется в грунтах, способных кратковременно удерживать форму, приданную при бурении шурфа. В этом случае обсадная труба вводится в выбуренный шурф и удерживает грунт от обрушения требуемый период времени для ведения, например, арматурных работ, ожидания до бетонирования с целью накопления объема этих работ (нужного количества опор (свай) и пр.). Затем в процессе бетонирования или по его окончании (при малой (преимущественно  $\leq 3,0$  м) высоте бетонируемого элемента) трубу извлекают с помощью подъемных механизмов, передавая боковое давление грунта на отформованный бетон.

В слабых грунтах данный вариант способа реализуется специализированным машинокомплексом, обеспечивающим одновременную осадку в грунт обсадной трубы и выемку грунта из ее внутреннего объема. В осаженную трубу при необходимости устанавливают арматурный каркас и подают бетон. Трубу непрерывно (или дискретно) извлекают из грунта, передавая его боковое давление на свежетоформованный бетон.

Подачу бетона осуществляют либо традиционной системой «кран — бадья», либо нагнетательным методом (включая использование полых буров). Для уплотнения бетона преимущественно используют глубинные вибраторы на тяжах. В научно-технической литературе имеется информация, что возможно вибропобуждение бетона виброимпульсами, приложенными к обсадной трубе или к пространственному арматурному каркасу (при наличии).

При бетонировании по схеме рис. 1.4, *б* обсадные трубы неизвлекаемы и по существу служат в качестве несъемной опалубки. Кроме

того, они выполняют иные функции, например коррозионной защиты будущей конструкции от воздействия агрессивной эксплуатационной среды. В частности, при воздействии агрессивной морской воды или грунтовых вод с сульфатной агрессией такие трубы изготавливают из бетона на сульфатостойком цементе. Конструкционно их исполняют таким образом, чтобы трубы (обычно центрифугированные, до 5 м длиной) можно было стыковать соосно, увеличивая длину ствола обсадной трубы на требуемую высоту (или глубину заложения).

Технология работ с неизвлекаемыми обсадными трубами соответствует ранее изложенной. Отличие заключается в том, что сама труба есть составная часть устраиваемой конструкции, а ее выступающая над грунтом часть обеспечивает роль несъемной опалубки и конструктива оголовка (надбетонки) устраиваемой опоры (сваи) фундамента (рис. 1.5). Здесь приведены примеры устройства элементов фундаментов в виде балочного ростверка (рис. 1.5, *а*) или плитного ростверка (рис. 1.5, *б*) по устроенным методом ВПТ буронабивным опорам-сваям.

### ***1.2.2. Способы раздельного бетонирования***

Сущность метода раздельного бетонирования заключается в том, что в устроенную опалубку вначале загружают крупный камень-заполнитель, а затем инъецируют в его пустоты (нагнетают под давлением) цементно-песчаный раствор, заполняя объем пустот крупного заполнителя.

Целая группа способов раздельного бетонирования разработана первично для ведения работ под водой бескассонным методом. Эти способы нашли применение для устройства конструкций в варианте подземного (с заглублением в грунт) бетонирования. Они экономически выгодны при строительстве массивных сооружений (в основном гидротехнического назначения, устоев мостов, дамб и пр.) по следующим причинам:

- позволяют обеспечить высокий темп работ в сложных условиях подводного бетонирования (без отвода воды) или объектов глубокого заложения. При этом используется дешевый крупный заполнитель – бутовый, или дробленый, камень крупностью  $\geq 60...70$  мм, содержание которого в  $1 \text{ м}^3$  бетона достигает  $0,9...1,0 \text{ м}^3$ ;

- несмотря на то что инъекционный раствор характеризуется значительным расходом цемента ( $\sim 500...600$  кг и более на  $1 \text{ м}^3$ ), в пересчете на  $1 \text{ м}^3$  бетона он составляет обычно не более  $250...300$  кг. Например, при пустотности засыпки  $1 \text{ м}^3$  из крупного заполнителя  $V_{\text{п}} \sim 0,45 \text{ м}^3$  и составе цементно-песчаного раствора Ц:П  $\sim 1:2,5$  при  $\rho_{\text{п}} \sim 600$  кг расход цемента в пересчете на  $1 \text{ м}^3$  бетона составит примерно:  $\rho_{\text{с}} \sim 600 \cdot 0,45 \sim 270$  кг.

В совокупности эти преимущества обусловили появление разных вариантов метода раздельного бетонирования и достаточно широкое применение его в гидротехническом и транспортном (опоры и устои мостов и т.п.) строительстве. Среди них выделяют две группы: способы восходящего потока (инъекционный раствор подается в нижнюю часть бетонируемой конструкции – основная группа) и нисходящего потока.

### 1.2.2.1. Инъекционный способ раздельного бетонирования (восходящий поток)

Инъекционный способ раздельного бетонирования (рис. 1.6) предложен и впервые реализован в 1938 г. в Германии, апробирован и подтвердил эффективность в 1940 г. в СССР.

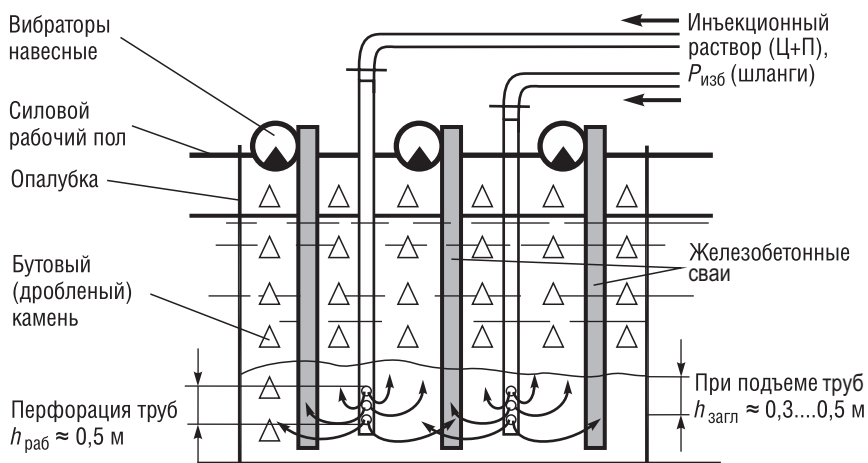


Рис. 1.6. Принципиальная схема инъекционного способа раздельного бетонирования

Технология ведения работ включает следующее:

- устройство опалубки и силового рабочего пола;
- установка (с системным (расчетным) распределением в плане конструкции) железобетонных свай и раствороподающих труб; трубы на рабочую высоту  $h_{\text{раб}}$  перфорированы ( $h_{\text{раб}} \sim 0,5$  м), выход из трубы (ее низ) заглушен;
- установка в опалубку арматуры (при наличии), а затем загрузка дробленого (или бутового) камня ( $d \geq 70$  мм) на всю высоту бетонируемого массива (конструкции, захватки);
- установка съемных навесных вибраторов на железобетонные сваи;
- нагнетание раствора до выхода на поверхность бетонируемого массива (захватки), при котором периодически приподнимаются раствороподающие трубы так, чтобы перфорированная зона была

постоянно погружена в нагнетаемый раствор не менее чем на 0,3 м (тем самым обеспечивается подача раствора под «фронт» поверхности контакта его с водой и минимизируется размыв нагнетаемого раствора);

- удаление раствороподающих труб и виброуплотнение одновременно всего объема бетона конструкции (захватки) путем вибродействия на железобетонные сваи, снятие навесных вибраторов;
- сбивание оголовков свай, использование арматуры для омоноличивания с последующим конструктивом.

### 1.2.2.2. Способ лаборатории «Закавказметаллургстрой» (восходящий поток)

Способ предложен и апробирован в 1950 г. профессором И.Н. Ахвердовым. Основное отличие от инъекционного способа Шейдера – Картелева заключается в отсутствии неизвлекаемых железобетонных предварительно устанавливаемых свай, а также в отличающемся варианте подачи инъекционного раствора и виброуплотнения бетона (рис. 1.7).

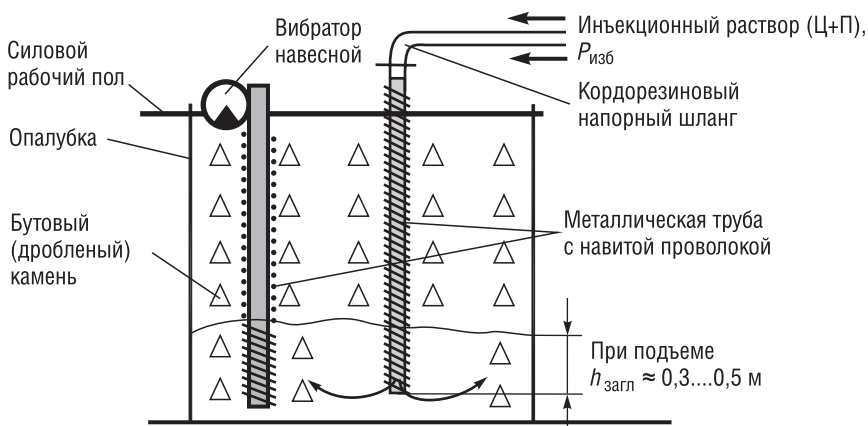


Рис. 1.7. Схема способа раздельного бетонирования профессора И.Н. Ахвердова

Особенности технологии работ заключаются в следующем:

- в опалубку в расчетном (шахматном) порядке устанавливают металлические трубы, на которые предварительно спирально навита стальная проволока диаметром  $\sim 4...5$  мм с шагом навивки 25...30 мм;
- загружают дробленый (бутовый) камень (крупностью  $\geq 70$  мм) на всю высоту бетонируемой конструкции;
- навешивают вибраторы на трубы и уплотняют «засыпку» путем вибрирования труб, которые затем извлекают;
- внутрь спирали из проволоки опускают напорные шланги, подключенные к бетононаосу;

- нагнетают инъекционный раствор и по мере заполнения объема пустот «засыпки» шланги приподнимают (заглубление выхода шланга постоянно должно быть не менее 0,3 м (рекомендуется ~ 0,5 м)).

### 1.2.2.3. Вибронагнетательный способ (восходящий поток)

Первый вариант вибронагнетательного способа раздельного бетонирования, получивший название «виброцементационный», был предложен в СССР и опробован в 1949 г. инженером А.И. Имилем (рис. 1.8).

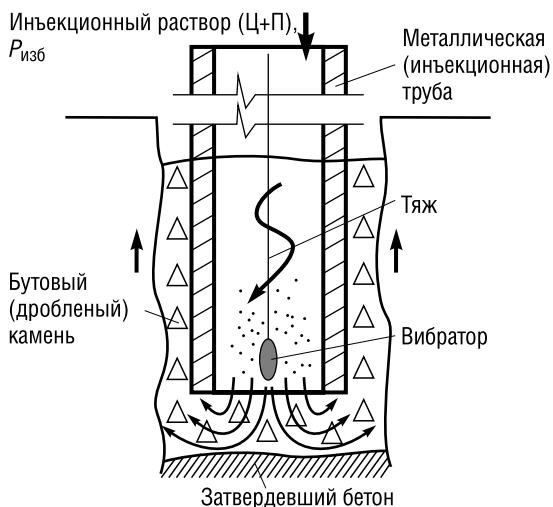


Рис. 1.8. Принципиальная схема виброцементационного способа раздельного бетонирования

Особенность технологии ведения работ виброцементационным способом заключается в том, что используется одна или несколько металлических труб со встроенным по приведенной схеме (рис. 1.8) глубинным вибратором.

Послойно или на всю высоту бетонируемой конструкции (захватки) загружают крупный заполнитель, после чего нагнетают инъекционный раствор с одновременным вибрированием. Вибрирование способствует разжижению подаваемого нагнетанием раствора и одновременно уплотнению бетона.

В процессе практической апробации данного варианта бетонирования выявился существенный недостаток: при вибрационном воздействии имело место защемление трубы (труб) по внешнему контуру, что сопровождалось значительным ростом усилия подъема (особенно при множестве труб).



С учетом выявленных недостатков виброцементационного способа разработан вибронагнетательный способ раздельного бетонирования (рис. 1.9).

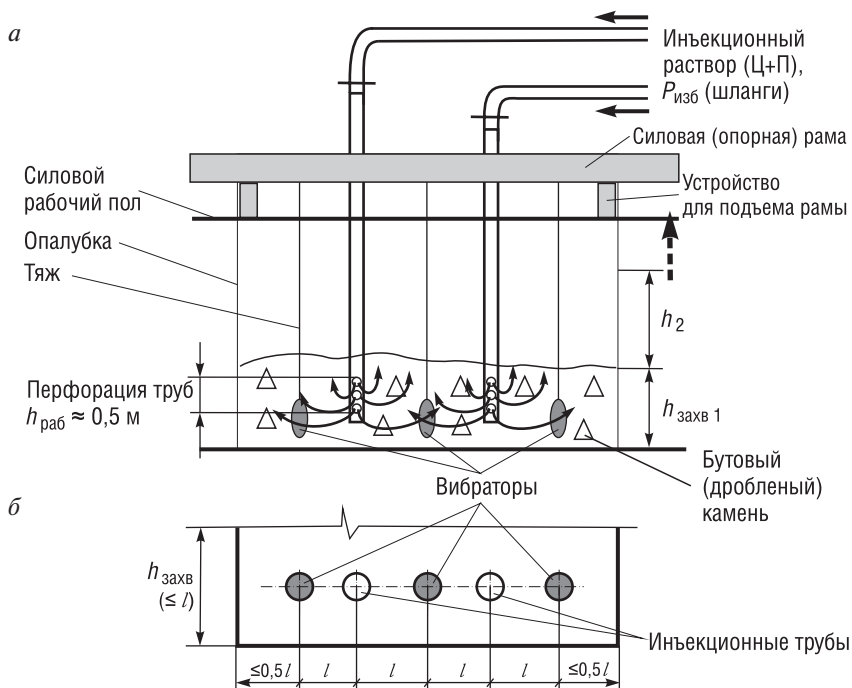


Рис. 1.9. Принципиальная схема вибронагнетательного способа раздельного бетонирования:  
а – по высоте конструкции; б – в плане

Особенности этого варианта бетонирования и технологии ведения работ связаны с наличием силовой опорной рамы, на которой закреплены по расчетной схеме раствороподающие (инъекционные) трубы и глубинные вибраторы, а также механизма ее подъема.

Бетонирование ведут захватками как по высоте конструкции (рис. 1.9, а), так и в плане (рис. 1.9, б), если конструкция крупногабаритная.

На первую захватку выставляется силовая рама с раствороподающими трубами (низ заглушен, трубы перфорированы на  $h_{\text{раб}}$ ) и глубинными вибраторами. Производится засыпка крупного заполнителя на  $h_{\text{захв}}$ . Затем нагнетается раствор с последующим или одновременным вибрированием. По окончании вибрирования силовая рама перемещается на очередную захватку и процесс бетонирования повторяется до завершения работ.

# СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>1. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВЕДЕНИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ...</b>	<b>6</b>
1.1. Принципиальная технологическая схема традиционного бетонирования монолитным способом .....	8
1.2. Принципиальные технологические схемы нетрадиционных способов бетонирования .....	9
1.2.1. Способ вертикально перемещаемых труб .....	9
1.2.2. Способы раздельного бетонирования .....	14
1.2.2.1. Инъекционный способ раздельного бетонирования (восходящий поток) .....	15
1.2.2.2. Способ лаборатории «Закавказметаллургстрой» (восходящий поток) .....	16
1.2.2.3. Вибронагнетательный способ (восходящий поток) .....	17
1.2.3. Способ нисходящего раствора .....	19
1.2.4. Способ втапливания крупного заполнителя в раствор или высокопластичную бетонную смесь .....	19
1.3. Специфические методы бетонирования .....	21
1.3.1. Бетонирование методом отвала и прикатки .....	22
1.3.2. Бетонирование с использованием сухих бетонных смесей в мешкотеаре .....	22
<b>2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА. ПРИНЦИПЫ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА .....</b>	<b>23</b>
2.1. Принципы выбора материалов для бетона .....	24
2.2. Основные свойства цемента для бетона .....	25
2.3. Выбор цемента для бетона .....	29
2.4. Выбор заполнителей для бетона .....	35
2.5. Вода для бетонов и растворов .....	36
2.6. Химические добавки в бетон .....	38
2.7. Минеральные добавки в бетон .....	49
<b>3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ И РАСТВОРОВ .....</b>	<b>52</b>
3.1. Централизованное приготовление бетона .....	53
3.2. Приобъектное приготовление бетона .....	57
3.3. Особенности приготовления бетонной смеси в зимний период и при повышенной температуре окружающей среды .....	64
3.4. Раздельный способ приготовления бетонной смеси .....	68

<b>4. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ (РАСТВОРОВ) . . .</b>	<b>70</b>
4.1. Разновидности транспортных средств . . . . .	70
4.2. Определение расчетной формуемости (удобоукладываемости) бетонной смеси . . . . .	75
4.3. Прием смеси на объекте . . . . .	77
4.4. Особенности транспортирования бетонной смеси в зимний период и при повышенной температуре окружающей среды . . . . .	78
<b>5. ПОДАЧА БЕТОННОЙ СМЕСИ В ОПАЛУБКУ . . . . .</b>	<b>79</b>
5.1. Система подачи «кран – бадья» . . . . .	79
5.2. Подача смеси ленточными конвейерами и бетоноукладчиками . . . . .	82
5.3. Вертикальная подача смеси падением . . . . .	83
5.4. Прямая подача бетонной смеси . . . . .	84
5.5. Пневмоподача бетонной смеси . . . . .	85
5.6. Подача бетонной смеси и растворов бетононасосами . . . . .	88
5.7. Беспоршневые бетононасосы . . . . .	93
5.8. Бетоновод для транспортирования смеси . . . . .	95
5.9. Основные положения расчета бетоновода и давления для подачи бетона . . . . .	99
5.10. Механизмы для распределения бетонной смеси . . . . .	104
<b>6. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ БЕТОНА . . . . .</b>	<b>107</b>
6.1. Вибрационный способ уплотнения бетона . . . . .	108
6.2. Типы и основные характеристики вибраторов . . . . .	115
6.3. Виброрейки . . . . .	118
6.4. Особенности укладки высокопластичных и литых бетонных смесей . . . . .	121
<b>7. УХОД ЗА БЕТОНОМ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА . . . . .</b>	<b>124</b>
7.1. Процессы начальной фазы твердения цементного бетона . . . . .	124
7.2. Формирование коагуляционной структуры цементного теста, схватывание . . . . .	126
7.3. Твердение бетона . . . . .	133
7.4. Мероприятия по уходу за бетоном . . . . .	135
7.5. Контроль качества бетона . . . . .	138
7.6. Контроль прочности . . . . .	139
7.6.1. Метод разрушающего контроля прочности . . . . .	139
7.6.2. Неразрушающие методы контроля . . . . .	139
7.6.3. Механические методы неразрушающего контроля . . . . .	141
7.7. Эксплуатационные свойства бетона . . . . .	144
<b>8. ТЕХНОЛОГИЯ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ . . . . .</b>	<b>151</b>
8.1. Методы зимнего бетонирования. Общая характеристика . . . . .	151
8.2. Общие положения зимнего бетонирования . . . . .	153
8.2.1. Критическая прочность бетона . . . . .	153
8.2.2. Подготовка основания (отогрев) . . . . .	155

8.2.3. Общие требования к температурному режиму прогрева бетона в зимний период . . . . .	157
8.3. Метод термоса . . . . .	159
8.3.1. «Холодный» термос . . . . .	159
8.3.2. «Горячий» термос . . . . .	160
8.3.3. «Холодный» бетон . . . . .	163
8.4. Электродный прогрев бетона . . . . .	165
8.4.1. Сущность и основные положения . . . . .	165
8.4.2. Разновидности электродов. Удельная мощность. . . . .	167
8.4.3. Требуемая мощность и выбор станции прогрева. . . . .	172
8.5. Особенности бетонных работ при электродном прогреве . . . . .	174
8.5.1. Особенности, связанные с видом электродов . . . . .	174
8.5.2. Особенности режимов прогрева. . . . .	175
8.6. Индукционный нагрев . . . . .	177
8.7. Инфракрасный обогрев . . . . .	178
8.8. Греющие провода . . . . .	179
8.9. Термоактивные (греющие) опалубки . . . . .	181
8.10. Бетонирование в тепляках . . . . .	185
8.11. Способ сухого формования бетона. . . . .	186
<b>9. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИОБЪЕКТНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ . . . . .</b>	<b>190</b>
<b>10. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОПАЛУБОК. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ. . . . .</b>	<b>195</b>
10.1. Классификация и область применения опалубок . . . . .	195
10.2. Смазки для опалубки (летний и зимний периоды работ). . . . .	205
10.3. Полимерные покрытия и футеровки . . . . .	208
<b>11. АРМАТУРА И АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ . . . . .</b>	<b>209</b>
11.1. Назначение, сортамент и свойства стальной арматуры . . . . .	210
11.2. Характеристики классов и марок стальной арматуры. . . . .	216
11.3. Упрочнение стали . . . . .	220
11.4. Неметаллическая арматура, фибробетон . . . . .	222
11.5. Основные положения арматурных работ . . . . .	225
<b>12. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ВЕДЕНИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ. . . . .</b>	<b>229</b>
12.1. Торкретирование . . . . .	229
12.2. Вакуумирование . . . . .	231
12.3. Бетонирование методом «стена в грунте» . . . . .	233
12.4. Напорный метод бетонирования . . . . .	235
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .</b>	<b>237</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА . . . . .</b>	<b>269</b>