ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ,
МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ПОМОЩИ СТРОИТЕЛЬСТВУ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ-
СКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА
И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

# РУКОВОДСТВО
## ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ РАБОТ

МОСКВА
1975

gost.e-ecolog.ru

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ,
МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ПОМОЩИ СТРОИТЕЛЬСТВУ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА
И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

# РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ РАБОТ

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1975

УДК 693.54

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом технологии, механизации, качества и техники безопасности строительно-монтажных работ ЦНИИОМТП от 21 декабря 1973 г.

Руководство по производству бетонных работ. М., Стройиздат, 1975. 314 с. (Центр. науч.-исслед. и проектно-эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву. Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона).

Разработано ЦНИИОМТП и НИИЖБом Госстроя СССР при участии Оргэнергостроя Минэнерго СССР и Ленморниипроект Минморфлота СССР.

Содержатся рекомендации по технологии производства бетонных работ при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций.

Предназначено для строительно-монтажных и проектных организаций, производящих бетонные работы.

Табл. 85, ил. 107.

Р $\frac{30213-605}{047(01)-7^{\circ}}$ Инструкт.-нормат., III вып.—13-74

© Стройиздат, 1975

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Объем работ по возведению монолитных бетонных и железобетонных конструкций непрерывно растет.

Область применения монолитного бетона также расширяется. Монолитный бетон и железобетон и в предстоящие 10—15 лет останется одним из основных строительных материалов в различных областях строительства. Дальнейшее внедрение передовой технологии бетонных работ и улучшение их качества являются основными задачами строителей.

Руководство содержит основные требования к материалам для бетонных работ, методы расчета и подбора составов бетона, указания по организации приготовления и перевозки бетонной смеси, по укладке ее в обычных и особых условиях (при отрицательных температурах и в условиях сухого жаркого климата), а также указания по технологии подводного бетонирования и торкретным работам.

Руководство основывается на действующих нормативных и инструктивных материалах. При составлении Руководства использованы научные разработки и труды ЦНИИОМТП, НИИЖБ, Оргэнергостроя, Ленморниипроекта и других организаций, а также передовой опыт строительных организаций.

Материалы отдельных глав разработаны:

Глава 1 — кандидатами техн. наук Б. И. Березовским, Б. В. Жадановским, Л. А. Широковой (ЦНИИОМТП), В. Д. Коюшевым; глава 2 — канд. техн. наук В. М. Медведевым и д-ром техн. наук И. М. Френкелем (НИИЖБ); глава — 3 кандидатами техн. наук Ю. Г. Хаютиным и А. С. Тилессом (Оргэнергострой); глава 4 — инж. В. И. Остромогольским (ЦНИИОМТП); глава 5 — кандидатами техн. наук Л. С. Розенбоймом, Г. А. Захарченко, Е. М. Кагановичем, инж. А. К. Герасимовым (ЦНИИОМТП) и д-ром техн. наук П. В. Проценко (ВВИТКУ); глава 6 — кандидатами техн. наук В. М. Медведевым, Э. Г. Соркиным (НИИЖБ), Ю. Г. Хаютиным (Оргэнергострой); глава 7 — канд. техн. наук В. Я. Гендиным, инженерами И. В. Коротковым, А. И. Твороговым, Л. С. Гончаровой (ЦНИИОМТП), д-рами техн. наук. Б. А. Крыловым, С. А. Мироновым и канд. техн. наук А. В. Лагойдой (НИИЖБ); глава 8 — канд. техн. наук Г. А. Бужевичем (НИИЖБ); глава 9 — д-ром техн. наук С. А. Мироновым, кандидатами техн. наук О. В. Белоусовым, А. С. Дмитриевым и Е. Н. Малинским (НИИЖБ); глава 10 — канд. техн. наук С. Н. Курочкиным (Ленморниипроект); глава 11 — кандидатами техн. наук В. Б. Белевичем, И. И. Шаровым и глава 12 — канд. техн. наук Я. Г. Могилевским и инж. С. А. Фельдман (ЦНИИОМТП).

Общее руководство по составлению и редактирование рукописи осуществлено канд. техн. наук Б. И. Березовским и инж. А. К. Герасимовым (ЦНИИОМТП).

Все замечания и предложения по содержанию настоящего Руководства просим направлять в ЦНИИОМТП Госстроя СССР по адресу: 127434, Дмитровское шоссе, 9.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1.** Руководство по производству бетонных работ составлено в развитие главы СНиП III-В.1-70 «Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Правила производства и приемки работ» и содержит рекомендации по технологии производства работ, способствующие выполнению требований, указанных в Строительных нормах и правилах.

**1.2.** Руководство содержит сведения по приготовлению, транспортированию, укладке бетонной смеси на плотных и пористых заполнителях в конструкции монолитных и сборно-монолитных сооружений, особенностям производства бетонных работ в зимних условиях, в условиях сухого и жаркого климата, способам производства работ по подводному бетонированию и торкретированию.

При производстве бетонных работ, имеющих специфические особенности, например в строительстве автомобильных дорог, аэродромов и метростроении, можно использовать кроме рекомендаций Руководства положения специальных ведомственных технических документов.

Руководство не содержит сведений по производству арматурных и опалубочных работ. Рекомендации на эти виды работ составляются ЦНИИОМТП и издаются отдельно.

**1.3.** С целью организации комплексного выполнения железобетонных работ все рекомендации Руководства предусматривают соблюдение следующих принципов:

бетонные работы по каждому этапу должны осуществляться после завершения опалубочных и арматурных работ;

бетонные работы следует выполнять поточными методами, выделяя ведущий поток в составе объектных потоков при строительстве отдельных зданий и сооружений или их комплексов (промышленные предприятия, жилые массивы и т. п.);

все операции по ведущим и большая часть по вспомогательным процессам должны обеспечиваться машинами и механизмами;

для механизации производства бетонных работ необходимо применять комплекты взаимосвязанных, взаимодополняющих друг друга машин;

используемые машины и механизмы в комплексном процессе должны работать в оптимальных режимах;

комплексность механизации работ должна достигаться увязкой машин по основным параметрам и расположению в механизированной цепи;

непрерывность и равномерность производственного процесса.

**1.4.** Производство бетонных работ разделено на следующие технологические этапы:

приготовление бетонной смеси;

транспортирование бетонной смеси;

укладка бетонной смеси;

уход за бетоном в процессе его твердения;

контроль качества бетонной смеси в процессе ее укладки и бетона, уложенного в конструкцию, в процессе твердения.

**1.5.** Приготовление бетонной смеси — комплексный технологический процесс, включающий прием, хранение, подготовку (например, рассев, подогрев, промывку и т. п.) заполнителей, добавок, цемента и воды, подачу их в смесительное отделение, дозирование, перемешивание и выдачу готовых замесов в транспортирующие устройства и оборудование.

**1.6.** Транспортирование бетонной смеси — комплексный технологический процесс, включающий перевозку бетонной смеси различными видами транспорта от бетонного завода до зоны производства работ со всеми сопутствующими погрузочно-разгрузочными операциями.

**1.7.** Укладка бетонной смеси — основной комплексный технологический процесс, включающий подачу бетонной смеси в конструкцию, распределение ее, уплотнение и все сопутствующие работы по обслуживанию основного процесса (очистку рабочих органов машин, трубопроводов, утепление и т. д.).

**1.8.** Средства механизации бетонных работ подразделяются в соответствии с выполняемыми операциями на:

системы средств механизации и автоматизации приготовления бетонной смеси с переработкой, подачей и дозированием составляющих материалов;

системы автотранспортных средств, обеспечивающие доставку готовой бетонной смеси потребителям с механизацией и автоматизацией загрузки и разгрузки бетонной смеси;

системы средств, обеспечивающие укладку бетонной смеси.

**1.9.** Руководство предусматривает использование для производства бетонных работ самого современного оборудования:

приготовление бетонной смеси на автоматизированных и комплексно-механизированных заводах и установках;

транспортирование ее в автобетоносмесителях, автобетоновозах;

укладку — бетононасосами, пневмонагнетателями, ленточными бетоноукладчиками, переставными ленточными и секционными конвейерами, перегрузочными бункерами, унифицированными конструкциями бадей и различными средствами малой механизации.

**1.10.** Бетонные работы должны производиться в соответствии с рабочими чертежами зданий и сооружений, проектами производства работ, типовыми картами трудовых процессов и с соблюдением требований соответствующих пунктов Строительных норм и правил.

Материалы, применяемые при производстве бетонных и железобетонных работ, должны соответствовать требованиям действующих стандартов, технических условий, а также рекомендациям, изложенным в данном Руководстве.

**1.11.** Технологические карты работ, выполняемых с использованием смесей на легких заполнителях, должны предусматривать:

способы транспортирования, подачи и уплотнения смеси, обеспечивающие содержание в единице уплотненного бетона заданного весового количества исходных материалов;

организацию транспортирования бетонной смеси без перегрузочных операций;

выгрузку бетонной смеси из автотранспортных средств непосредственно в бетоноукладочное оборудование;

подачу бетонной смеси на любой участок бетонируемой конструкции с минимальным разравниванием.

1.12. Организация труда при производстве бетонных работ должна осуществляться согласно рекомендациям «Руководства по организации труда при производстве строительно-монтажных работ» (М., Стройиздат, 1972).

## 2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА, ЕГО СОСТАВ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### Материалы

2.1. Для тяжелого и легкого бетона должны применяться цементы, отвечающие техническим требованиям, изложенным в ГОСТ 10178—62* «Портландцемент, шлако-портландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности».

Портландцемент может выпускаться без добавок или с активными минеральными добавками, предусмотренными в ГОСТ 6269—63 в количестве до 15% веса цемента следующих разновидностей:

обычный;

пластифицированный с добавкой 0,15—0,25% сульфитно-дрожжевой бражки, снижающей водопотребность цемента на 8—10% или повышающей подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси, а также морозостойкость затвердевшего бетона;

гидрофобный — с добавкой асидола, мылонафта, олеиновой кислоты или окисленного петролатума в количестве 0,06—0,3%, повышающей подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси, а также морозостойкость затвердевшего бетона;

быстротвердеющий — это свойство получается за счет более мелкого помола цемента и сохраняется ограниченное время;

сульфатостойкий, получаемый из клинкера с содержанием трехкальциевого алюмината не более 5% и трехкальциевого силиката не более 50%;

шлакопортландцемент, содержащий 30—60% молотого гранулированного шлака доменных печей;

пуццолановый портландцемент, содержащий активные минеральные добавки вулканического происхождения или золу теплоэлектростанций в количестве 25—40% или осадочного происхождения 20—30%.

Специальные цементы — глиноземистый (ГОСТ 969—66), безусадочный, напрягающий, сульфатно-шлаковый могут применяться с учетом их свойств по специальным указаниям.

2.2. Марка (активность) цемента (300, 400, 500, 600 кгс/см$^2$) указывается в паспорте, однако для правильного использования и расхода, особенно при получении цемента с разных заводов, необходимо проводить его испытания. Если надо оценить качество цемента быстро, испытание можно сделать непосредственно в бетоне (см. приложение II).

Как правило, активность цемента должна быть выше требуемой марки бетона в 1,25—2 раза, что позволяет получать составы бетона с умеренным расходом цемента. Исключение составляют бетоны высоких марок — 500, 600 и выше, для которых могут применяться цементы, равные по активности марке бетона.

2.3. Для бетонов марки 50—100, применяемых для подготовки под полы, устройства стяжек и других элементов, в целях экономии цемента рекомендуется применять добавки золы-уноса тепловых электростанций, гранулированного молотого шлака или другие гидравлически активные добавки (см. п 2.8).

2.4. Выбор вида вяжущего, если нет специальных указаний в проекте возводимого здания или сооружения, производится с учетом климатических условий района строительства и периода года, а также условий эксплуатации конструкций.

2.5. Для бетона элементов зданий, работающих в условиях атмосферных воздействий, рекомендуется применять портландцемент; для массивных фундаментов и подземных конструкций — портландцемент и пуццолановый портландцемент или шлакопортландцемент. Для бетона подземных сооружений, находящихся в зоне капиллярного подсоса грунтовых минерализованных вод и имеющих испаряющие поверхности, а также для других конструкций, подвергающихся действию сульфатных вод, следует применять сульфатостойкий портландцемент или портландцемент с содержанием трехкальциевого алюмината $C_3A$ (можно дать только $C_3A$) не более 8%.

2.6. Цементы разных видов, активности и разных заводов следует загружать в отдельные закрома или емкости склада.

При длительном хранении снижается активность цемента, поэтому перед использованием цемента, хранящегося более 1—2 месяцев, необходимо проверить его активность.

Совершенно недопустимо смешивать специальные цементы с цементами на основе портландцементного клинкера, так как это приведет к порче и тех и других и вяжущее нельзя будет использовать.

2.7. Для сокращения трудовых затрат, улучшения условий труда, сокращения простоев вагонов и исключения потерь цемента рекомендуется механизировать разгрузку и погрузку цемента. При этом места разгрузки необходимо защищать от атмосферных осадков.

В качестве примера в приложении I дано краткое описание проекта механизации склада цемента с грузооборотом 1500 т/год. Для более крупных строек должны проектироваться более совершенные склады цемента.

2.8. Активные минеральные добавки природные (осадочные: диатомиты, трепела, опоки, глиежи и вулканические: пемзы, трассы, туфы, пеплы) и искусственные (доменные гранулированные шлаки, золы-уноса тепловых электростанций, нефелиновый шлам, кремнеземистые отходы и др.), будучи измельчены до тонкости помола цемента, а некоторые и без измельчения (шлам, зола-унос) могут быть использованы для снижения расхода цемента в бетонах низких марок при излишне высокой активности цемента.

2.9. Для измельчения добавок в больших количествах рекомендуется применять шаровые мельницы, при малых количествах добавок — вибромельницы.

В зависимости от вида добавки, активности применяемого цемента и марки бетона количество вводимых минеральных добавок должна установить строительная лаборатория опытным путем.

2.10. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) гидрофильно-пластифицирующие (сульфитно-дрожжевая бражка — СДБ, кальциевая соль лигно-сульфоновой кислоты с примесью редуцирующих и минеральных веществ, обычно поставляемая в жидком виде, иногда в твердом и др.), гидрофобно-пластифицирующие (мылонафт, асидол-

мылонафт, кремнийорганические жидкости ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94 и др.) и воздухововлекающие или микрогазовыделяющие (СНВ — смола, нейтрализованная щелочью, воздухововлекающая, ГКЖ-94 кремнийорганическая жидкость и др.), будучи добавлены в бетоны в количестве 0,01—0,5% веса цемента, позволяют повысить подвижность бетонной смеси при сохранении марки бетона или снизить расход воды и повысить прочность бетона или снизить расход цемента до 8—10%.

Дозировка ПАВ назначается в соответствии с данными табл. 19 СНиП I-В.2-69 «Вяжущие материалы неорганические и добавки для бетонов и растворов», но предварительно проверяется в строительной лаборатории.

**2.11.** Химические добавки-ускорители (хлористый кальций $CaCl_2$, сернокислый натрий $Na_2SO_4$, поташ $K_2CO_3$, нитрат кальция $Ca(NO_3)_2$ и др.) и замедлители схватывания и твердения бетона (строительный гипс $Ca_2SO_4$, слабая серная кислота $H_2SO_4$, СДБ и др.) применяются в количестве 1—2% к весу цемента после предварительной проверки эффекта их действия в строительной лаборатории.

Комплексные добавки СДБ и СНВ повышают морозостойкость бетона, СДБ и $CaCl_2$ дают экономию цемента и ускоряют твердение бетона.

**2.12.** Требования к заполнителям для бетона подробно изложены в ГОСТ 10268—70 «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования».

**2.13.** Зерновой состав и модуль крупности мелкого песка могут быть исправлены добавкой искусственного дробленого песка большей крупности. При загрязненности песка выше допустимой стандартом его необходимо промывать, так как загрязненный песок вызывает перерасход цемента в бетоне и снижает его однородность и прочность.

**2.14.** В местностях, в которых отсутствуют природные пески, удовлетворяющие по зерновому составу требованиям ГОСТ 10268—70, применение мелких песков допускается после опытной проверки и необходимых технико-экономических обоснований, а также мероприятий по снижению перерасхода цемента (применение пластифицированных цементов или пластифицирующих добавок, дробленого крупнозернистого песка-укрупнителя, снижение доли песка в смеси заполнителей, присадку золы-уноса ТЭС и т. д.).

**2.15.** При отсутствии природных песков, удовлетворяющих по зерновому составу требованиям ГОСТ 10268—70, целесообразно применение искусственных дробленых песков.

**2.16.** Гравий и щебень должны поступать от поставщиков, как правило, в промытом и фракционированном виде с загрязненностью гравия не более 1%, щебня изверженных и метафорических пород — 1—2% и из карбонатных пород — 2—3%.

**2.17.** Применение гравийно-песчаной смеси или рядового несортированного щебня допускать нельзя, так как при разгрузке их на склад и перемещении по площадке они произвольно разделяются по крупности и в дозаторы бетоносмесительной установки может попасть неопределенная смесь по содержанию песка и гравия-щебня, что приведет к получению очень неравномерной по подвижности бетонной смеси, неустойчивой прочности затвердевшего бетона и в конце концов к перерасходу цемента.

**2.18.** При поступлении в исключительных случаях на строительство гравийно-песчаной смеси или рядового щебня они должны

быть переработаны и разделены на песок и гравий-щебень, а последние разделены на фракции 5—10, 10—20, 20—40, 40—70 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 10268—70. При загрязненности материалов, превышающей допустимые пределы, они должны быть промыты.

2.19. Для исключения загрязнения заполнителей для бетонов грунтом складские площадки для их приема должны иметь твердое покрытие: бетонное из сборных плит или монолитное в зависимости от длительности строительства, а при кратковременных работах — из деревянных щитов или настилов. Кроме того, складские площадки должны иметь бортовые ограждения, предотвращающие рассыпание песка и гравия-щебня за пределы твердого покрытия склада.

При больших объемах работ склад заполнителей должен сооружаться по проекту бетонного завода.

2.20. Для затворения бетонной смеси на всех видах цемента и для увлажнения бетона в процессе твердения можно применять любую воду: пригодную для питья, природную рек и озер или из искусственных водоемов, не содержащих загрязнений сточными водами, солями, маслами.

При возникновении сомнений в пригодности воды ее проверяют испытанием образцов раствора или бетона, затворенных на проверяемой воде. Если прочность такого бетона будет не ниже прочности бетона на питьевой воде, вода может считаться пригодной.

## Состав тяжелого бетона и методы его определения

2.21. Рациональным составом бетона считается оптимальное соотношение составляющих его материалов (цемента, воды, песка и гравия-щебня, а также добавок пластификаторов, ускорителей), обеспечивающее заданные свойства бетонной смеси (удобоукладываемость-подвижность или жесткость) и затвердевшего бетона (прочность на сжатие и растяжение, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость и др.) при наименьшем расходе цемента.

2.22. Состав бетона выражается расходом составляющих в кг на один куб. м$^3$ уплотненной смеси или соотношением составляющих к весу цемента, принимаемому за единицу.

2.23. Разными авторами разработано большое количество приемов подбора и готовых таблиц для назначения составов бетона. Но при этом необходима предварительная оценка качества составляющих материалов (удельная и объемная масса, количество пустот, активность цемента, влажность заполнителей и др.) в лаборатории, что требует значительных затрат времени.

2.24. При использовании любого приема подбора состава бетона результаты расчетов должны быть проверены и откорректированы пробными замесами бетона на конкретных применяемых материалах.

2.25. Разработка состава бетона ведется в соответствии с требованиями, предъявляемыми проектом сооружения или ТУ.

Требования к бетонной смеси и полученному из нее бетону обычно сводятся к следующим:

а) должна быть обеспечена и своевременно получена требуемая прочность и долговечность бетона правильным выбором материалов (в первую очередь цемента), состава и, если нужно, добавок. Прочность бетона должна быть однородна (см. главу VI «Контроль качества бетона»);

Таблица 1

**Расход воды в зависимости от консистенции бетонной смеси и крупности заполнителей**

| Консистенция | | Расход воды (л/м³) при наибольшей крупности, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | гравия | | | щебня | | |
| осадка конуса, мм | жесткость, с | 20 | 40 | 70 | 20 | 40 | 70 |
| — | 30—50 | 150 | 135 | 125 | 165 | 150 | 135 |
| — | 20—30 | 160 | 145 | 135 | 175 | 160 | 145 |
| — | 15—20 | 170 | 155 | 140 | 185 | 170 | 155 |
| 2—3 | — | 175 | 160 | 145 | 190 | 175 | 160 |
| 4—6 | — | 185 | 170 | 155 | 200 | 185 | 170 |
| 7—10 | — | 195 | 180 | 165 | 210 | 195 | 180 |

б) подвижность или жесткость смеси должна соответствовать месту и средствам укладки, что устанавливается строителем на месте работ по табл. 6 СНиП III-В.1-70;

в) бетонная смесь должна быть приготовлена с наименьшим расходом цемента.

2.26. Прочность бетона зависит от величины $\frac{Ц}{В}$ — отношения по массе цемента к воде, которое определяется по формуле

$$\frac{Ц}{В} = \frac{1 + 0{,}18\frac{R_ц}{R_б}}{0{,}45\frac{R_ц}{R_б}}. \qquad (1)$$

Зная активность цемента $R_ц$ и марку бетона $R_б$ в 28-дневном возрасте, подсчитывают фактор прочности плотного бетона $Ц/В$.

После определения величины $Ц/В$ надо найти расход воды $В$, при котором цементное тесто сообщит бетонной смеси нужную консистенцию Расход воды приводится в табл. 1.

По количеству воды $В$ и цементно-водному отношению находят расход цемента $Ц$:

$$Ц = Ц/В \cdot В. \qquad (2)$$

Установив расходы цемента и воды, вычисляют абсолютный объем цемента $V_ц^{абс}$ в литрах

$$V_ц^{абс} = \frac{Ц}{\gamma_ц}, \qquad (3)$$

где $\gamma_ц$ — удельная плотность цемента, обычно принимаемая для

Таблица 2

**Доля песка $r$ в зависимости от $\frac{Ц}{В}$ и крупности заполнителей**

| Ц/В | $r$ в смеси заполнителей наибольшей крупности, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | щебень | | | гравий | | |
| | 20 | 40 | 70 | 20 | 40 | 70 |
| 1,43 | 0,45 | 0,42 | 0,49 | 0,42 | 0,40 | 0,37 |
| 2,00 | 0,40 | 0,38 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,35 |
| 2,80 | 0,36 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,34 | 0,32 |

портландцемента равным 3,15 кг/л, и находят абсолютный объем цементного теста, л/м³

$$V_{ц.т}^{абс} = V_{ц}^{абс} + B. \qquad (4)$$

Абсолютный объем заполнителей (л/м³) определяют как равность между объемом бетона (1 м³ = 1000 л) и абсолютным объемом теста

$$(П + Щ)^{абс} = 1000 - \left(V_{ц}^{абс} + B\right).$$

Пользуясь табл. 2, находят долю песка $r$ в смеси заполнителей. Количество песка в 1 м³ бетона находят по формуле

$$П = (П + Щ)^{абс} r \gamma_{п}. \qquad (5)$$

Количество щебня в 1 м³ бетона в кг определяют по формуле

$$Щ = (П + Щ)^{абс} (1 - r) \gamma_{щ}, \qquad (6)$$

где $\gamma_{п}$ и $\gamma_{щ}$ — соответственно удельная плотность песка и щебня.

Пример. Рассчитать состав бетона, если известно, что марка бетона 300; марка цемента 400; наибольшая крупность щебня 40 мм; требуемая подвижность — 6 см по конусу;

$\gamma_{ц} = 3{,}15$; $\gamma_{п} = 2{,}66$; $\gamma_{щ} = 2{,}62$.

Решение. Рассчитываем величину $Ц/В$:

$$Ц/В = \frac{1 + 0{,}18 \frac{400}{300}}{0{,}45 \frac{400}{300}} = \frac{1{,}24}{0{,}6} \approx 2{,}1.$$

Находим по табл. 1 расход воды в бетонной смеси. $B = 185$ л/м³.

Расход цемента составит

$185 \cdot 2{,}1 = 388$ кг/м³

Абсолютный объем цементного теста составит

$$V_{ц.т}^{абс} = \frac{388}{3{,}15} + 185 = 123 + 185 = 308 \text{ л}.$$

Абсолютный объем заполнителей составит:

$$(П + Щ)^{абс} = 1000 - 308 = 692 \text{ л}.$$

Из табл. 2 находим долю песка в смеси: $r = 0{,}38$.

Абсолютные объемы песка и щебня составят:

$$V_{п}^{абс} = 692 \cdot 0{,}38 = 263 \text{ л/м}^3;$$

$$V_{щ}^{абс} = 692 \cdot 0{,}62 = 429 \text{ л/м}^3.$$

Масса песка и щебня в 1 м³ бетона составит:

$$g_{песка} = 263 \text{ л/м}^3 \cdot 2{,}66 \text{ кг/л} = 700 \text{ кг/м}^3;$$

$$g_{щебня} = 429 \text{ л/м}^3 \cdot 2{,}62 \text{ кг/л} = 1142 \text{ кг/м}^3.$$

В результате сделанного расчета состав бетона выразится так:
цемент — 388 кг/м³;
песок — 700 кг/м³;
щебень — 1142 кг/м³;
вода — 185 л/м³.

Для расчета загрузки смесителя указанные количества умножают на емкость чаши (или барабана) смесителя по выходу бетона.

2.27. В приведенном примере расчета состава бетона есть следующие недостатки:

формула для расчета величины $Ц/В$ является приближенной, поскольку она выведена по средним данным опытов;

для расчетов нужно определить $R$ для цемента, $\gamma$ для цемента, песка и щебня, что требует затрат времени, специальных приборов и не всегда доступно полевой лаборатории.

2.28. Найденный расчетом состав бетонной смеси должен быть проверен опытным затворением на консистенцию, а бетон — на прочность.

Для проверки принимают количества материалов в 100 раз меньше, чем это подсчитано на 1 м³ бетона.

Если при проверке обнаружится недостаточная или излишняя подвижность бетонной смеси, соответственно увеличивают или уменьшают расход воды, повторяют расчет и вновь производят проверку. Из смеси, подвижность которой окажется равной заданной, формуют кубики (ребром 10 см), которые к требуемому возрасту испытывают на сжатие. При этом если прочность окажется недостаточной, увеличивают $Ц/В$, повторяют вновь расчет и проверку.

2.29. При подборе состава следует вносить следующие поправки:

а) если песок или щебень (гравий) имеют влажность $\alpha_п\%$ и $\alpha_щ\%$, то при дозировании расчетное количество воды должно быть уменьшено на то, которое содержится в песке и щебне, а именно:

$$B_п = B_р - \frac{\alpha_п П}{100} - \frac{\alpha_щ Щ}{100}, \qquad (7)$$

где $B_п$ — производственный расход воды; $B_р$ — расчетный расход;

б) если же щебень обладает водопоглощением $W\%$, то количество дозируемой воды надо увеличить и тогда количество воды затворения при влажных заполнителях составит

$$B_п = B_р - \alpha_п П - \alpha_щ Щ + W Щ = B_р - \gamma_п П - Щ(\alpha_щ - W). \quad (8')$$

Пример. Рассчитать производственный расход воды в бетонной смеси, если расчетный расход $B_р = 185$ л, $\alpha_п = 3\%$, $\alpha_щ = 1\%$, $W = 2\%$. Потребные количества песка и щебня составляют 700 кг/м³ и 1142 кг/м³.

Пользуясь формулой (8), найдем:

$$B_п = 185 - 0{,}03 \cdot 700 - 1142\,(0{,}01 - 0{,}02) = 185 - 21 + 1142 \cdot 0{,}01 =$$

$$= 185 - 21 + 11{,}4 = 175 \text{ л}.$$

В приложении II дается подробное описание приема назначения состава бетона без предварительной оценки активности цемента и приведены все необходимые данные, позволяющие в короткий срок и с правильной оценкой строительных свойств имеющегося цемента и заполнителей решить вопрос о рациональном составе бетона.

## 3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

### Общие положения

**3.1.** Приготовление бетонной смеси может быть организовано:

на центральном районном заводе, снабжающем готовой смесью строительные объекты, расположенные на расстояниях, не превышающих технологически допустимые радиусы автомобильных перевозок;

на приобъектных бетонных заводах;

в автобетоносмесителях, загружаемых на центральных установках сухой бетонной смесью.

Кроме того, в качестве вспомогательного оборудования для приготовления небольших порций бетонной смеси используют отдельно стоящие бетоносмесители.

**3.2.** В крупных населенных пунктах и в районах с развитой дорожной сетью приготовление бетонной смеси предпочтительнее осуществлять на центральных районных заводах. Такие предприятия как правило, экономически более эффективны, чем система мелких ведомственных приобъектных заводов. Крупные центральные районные заводы имеют более высокий коэффициент использования оборудования во времени, характеризуются более высокой степенью механизации и автоматизации, что позволяет организовать эффективный контроль качества продукции.

**3.3.** Мелкие приобъектные бетонные заводы целесообразны главным образом в удаленных от центральных заводов районах и при невозможности доставки смеси с центрального завода по дорожным условиям района.

**3.4.** При небольшой потребности в бетонной смеси строительного объекта, удаленного от центрального бетонного завода на расстояние, превышающее технологически допустимый радиус доставки (см. табл. 6 настоящего Руководства), приготовление смеси автобетоносмесителями может быть экономически более эффективным, чем устройство приобъектного завода.

**3.5.** Применение автобетоносмесителей целесообразно также, если используются бетонные смеси высокой подвижности при повышенном требовании к однородности ее состава (например, для строитель-

ства в скользящей опалубке, для трубопроводного транспорта и др.).

**3.6.** Рациональная схема размещения бетонных заводов по территории района строительства должна определяться экономико-математическим методом. Общие принципы решения задачи размещения промышленных предприятий и конкретное применение их для целей районирования бетонных заводов изложены в специальной литературе. При проектировании размещения бетонных заводов необходимо учитывать перспективное развитие района строительства.

## Бетонные заводы

**3.7.** Бетонные заводы в основном состоят из:

собственно бетоносмесительной установки, включающей расходные емкости для составляющих бетон материалов, дозаторов, бетоносмесителей и различного вспомогательного оборудования (в том числе оборудование для введения жидких добавок);

складов материалов, составляющих бетон;

внутризаводского транспортного технологического оборудования — конвейеры, цементопроводы, элеваторы и др.

**3.8.** В зависимости от конкретных потребностей и особенностей обслуживания бетонным заводом строительств в его состав могут входить дополнительные сооружения и оборудование, например:

контрольная сортировка заполнителей;

установка для помола цемента;

льдогенераторная установка (для бетона массивных гидросооружений) и др.

Крупные бетонные заводы обычно сооружаются с собственной компрессорной, а иногда и котельной.

**3.9.** Бетонные заводы по конструкции подразделяются на стационарные, инвентарные сборно-разборные и передвижные.

**3.10.** Стационарные бетонные заводы сооружают в районах долговременного строительства.

**3.11.** Наиболее распространены инвентарные сборно-разборные бетонные заводы. Каркас инвентарных заводов стальной на болтовых соединениях; заводские коммуникации позволяют разбирать их секциями, соответствующими транспортным габаритам.

**3.12.** Практика эксплуатации инвентарных бетонных заводов с каркасом из линейных элементов показала, что демонтаж их весьма сложен. Болтовые соединения загрязняются и корродируют, что вызывает необходимость применения для разборки огневой резки. Обшивка и щиты утепления при демонтаже частично повреждаются. Нарушается геометрия сборных элементов каркаса. Поэтому предпочтительнее блочная конструкция инвентарных бетонных заводов.

**3.13.** Компоновка бетоносмесительных установок может быть вертикальной или ступенчатой («партерной»).

Достоинством вертикальной компоновки является меньшая площадь застройки, а также однократный подъем материалов в расходные бункера с последующим гравитационным прохождением вплоть до выгрузки готовой бетонной смеси в транспортные средства.

Установки, выполненные по «партерной» схеме, имеют меньшую высоту, что облегчает их монтаж. В то же время число единиц подъемного оборудования для материалов и число точек перегрузок при «партерной» компоновке больше, чем при вертикальной.

Бетонные заводы, рассчитанные на долговременную эксплуатацию в одном пункте, целесообразно проектировать с вертикальными схемами бетоносмесительных установок.

«Партерные» бетоносмесительные установки экономичнее для часто перебазируемых заводов, так как они характеризуются меньшей продолжительностью и стоимостью монтажа.

**3.14.** Бетоносмесительные установки могут выполняться с линейным или гнездовым расположением бетоносмесителей.

Преимуществом гнездового расположения является возможность загрузки 3—6 бетоносмесителей из одного комплекта дозаторов, так как центры загрузочных отверстий бетоносмесителей располагаются симметрично относительно центра сборной загрузочной воронки. При линейной схеме загрузка двух бетоносмесителей из одного комплекта дозаторов осложнена.

**3.15.** Гнездовая компоновка бетоносмесителей предпочтительна для заводов, выпускающих одновременно ограниченное количество составов бетонной смеси с погрузкой в транспортные средства большой грузоподъемности (например, для крупных гидротехнических строек). При такой схеме сокращается продолжительность загрузки транспортных средств.

**3.16.** Линейное расположение бетоносмесителей удобно для заводов с многомарочной продукцией (например, для центральных районных заводов). Эта схема имеет самостоятельные бункера выдачи для каждого бетоносмесителя, что позволяет одновременно выдавать на транспортные средства смесь различных составов.

**3.17.** По технологическому признаку бетонные заводы подразделяют на заводы цикличного и непрерывного действия. Принципиальные отличия между ними только в типе установленных дозаторов и бетоносмесителей.

Для заводов с многомарочной продукцией предпочтительны заводы цикличного действия

**3.18.** Технические характеристики бетонных заводов и оборудование для них приведены в табл. 1—5 приложения III.

## Дозирование

**3.19.** Дозирование составляющих при приготовлении бетонной смеси механизированным способом производится по массе; исключение допускается при дозировании воды.

**3.20.** Не реже одного раза в месяц проводится метрологическая поверка дозаторов и контрольная проверка погрешности дозирующих устройств. Кроме того, рекомендуется ежедневная проверка работы дозаторов при автоматическом режиме отвешивания.

**3.21.** Метрологическая поверка проводится госповерителем с участием представителей стройлаборатории по ГОСТ 13712—68 и 14166—69. При этом весовой механизм отключают от автоматических устройств, пылезащитных фартуков, пневматических и электрических проводов, дополнительных успокоителей и тарируют.

Затем определяют величину непостоянства показаний циферблатного отсчетного устройства, для чего стрелку плавно выводят из положения равновесия не менее чем на $^1/_4$ шкалы приложением нагрузки к тяге силы. Непостоянство показаний ненагруженного весового механизма не должно превышать $\pm 0{,}5$ деления шкалы циферблата.

После этого определяют погрешность показаний не менее чем в десяти равномерно распределенных точках шкалы от наименьшего предела дозирования до наибольшего. Погрешность показаний определяют при возрастающих и убывающих значениях нагрузки до наибольшего предела дозирования. При этом используются образцовые гири 4-го разряда (ГОСТ 12656—67).

Погрешность показаний на всем диапазоне шкалы циферблата не должна превышать ±1 деления шкалы.

Вариацию показаний дозаторов определяют трехкратным арретированием каждой проверяемой точки. Вариация показаний нагруженных дозаторов не должна превышать одного деления шкалы.

Чувствительность весового механизма дозаторов определяют путем добавления или снятия гири-допуска, соответствующей по массе цене деления шкалы

Чувствительность определяют не менее двух раз в каждой проверяемой точке. Чувствительность дозаторов во всем диапазоне нагрузок должна быть такой, чтобы изменение массы дозируемого груза на величину, равную цене деления циферблатного указателя, вызывало смешение стрелки на одно деление. При этом указательный конец стрелки должен совпадать со штрихом шкалы или устанавливаться так, чтобы между ним и штрихом шкалы не было заметного просвета

В случае отклонений показаний от перечисленных требований производится регулировка весового механизма дозатора по инструкции завода-изготовителя.

3.22. Контрольная проверка точности дозирования осуществляется при автоматическом режиме отвешивания. Контрольная проверка производится в диапазоне взвешиваний, соответствующем второй (левой) половине шкалы циферблатного указателя. Результаты определяются по данным 30 взвешиваний. При этом для каждого из взвешиваний определяется отклонение фактического веса от заданного. Не менее 85% отклонений фактического веса от заданного должны быть не выше:

| Составляющие | Допустимая погрешность, % |
|---|---|
| Цемент и активные добавки, дозируемые в виде порошка . . . . | ±2 |
| Заполнители . . . . . | ±3 |
| Вода, активные добавки, дозируемые в мокром виде, и водные растворы хлористых солей и пластифицирующих добавок . . . . . | ±2 |

3.23. Ежедневная проверка работы дозаторов при автоматическом отвешивании производится представителем стройлаборатории. В состав ее входит проверка действия успокоителя и сокращенная проверка погрешности взвешивания в автоматическом режиме.

Успокоитель должен обеспечивать затухание колебаний стрелки циферблатного указателя в течение 2—3 полупериодов. При сокращенной проверке дозаторов фиксируют значение десяти автоматиче-

ских отвешиваний. Разность между фактическим и заданным весом в восьми отвешиваниях из десяти не должна превышать приведенных выше. Рекомендуется ежедневные проверки погрешности дозирования проводить в разные дни на различных участках шкалы — от максимальной до минимальной дозы в соответствии с фактически применяемыми составами смеси.

**3.24.** Входные затворы дозаторов должны открываться с постоянной скоростью в течение 0,5—0,7 с. Поэтому конструкция затвора должна исключать заклинивание частицами щебня или гравия. Хороший эффект дают, например, увеличенные зазоры («карманы») в месте примыкания стенок затвора к днищу.

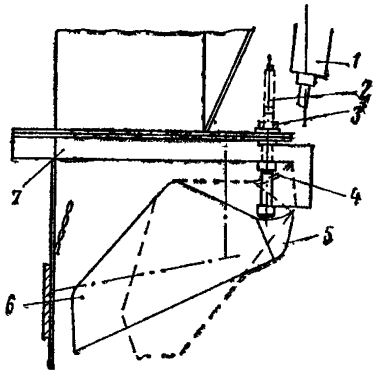



**Рис. 1. Конструкция ограничителя впускного и выпускного затворов дозатора АВДИ-2500**

*1* — привод; *2* — винтовой ограничитель; *3* — контргайка; *4* — резиновый амортизатор; *5* — упор затвора; *6* — затвор; *7* — рама дозатора

**3.25.** Конструкция затвора должна обеспечивать регулирование асхода материалов при его поступлении в дозаторы. Это необходимо для уменьшения колебательных движений весовой системы, которые в некоторых случаях делают невозможным точное дозирование. Правильный выбор величины расхода в сочетании с хорошо работающим успокоителем — необходимые условия точного дозирования. На рис. 1 показан ограничитель хода впускного затвора дозатора АВДИ-2500, позволяющий плавно регулировать расход от 50 до 500 кг/с.

**3.26.** При дозировании цемента необходимо обеспечить равномерное его поступление в весовой бункер. Этому препятствует зачастую неудовлетворительная конструкция расходных бункеров и, в особенности, питателей. Применяемые в качестве питателей короткие шнеки или аэрожелоба не всегда могут обеспечить постоянство расхода, так как сильно аэрированный при подаче в расходный бункер цемент течет самопроизвольно, даже при закрытых затворах и выключенных питателях. Это ведет к значительному перерасходу цемента. Избежать этого можно соблюдением нижеперечисленных условий.

Питатель представляет собой расположенный наклонно с подъемом к дозатору шнек, длина которого должна быть в 6—8 раз больше его диаметра. Хороший результат может дать также двухкамерный лопастной питатель.

**3.27.** Не рекомендуется дозировать цемент из бункера, в который он в этот момент подается пневмотранспортом. При невозмож-

ности выполнения этого требования следует не допускать сработки более двух третей объема расходного бункера. При этом должна быть обеспечена исправность циклонов и фильтров системы пневмоподачи. Следует стремиться к возможно большей концентрации цемента в цементно-воздушной смеси. С этой точки зрения эрлифты

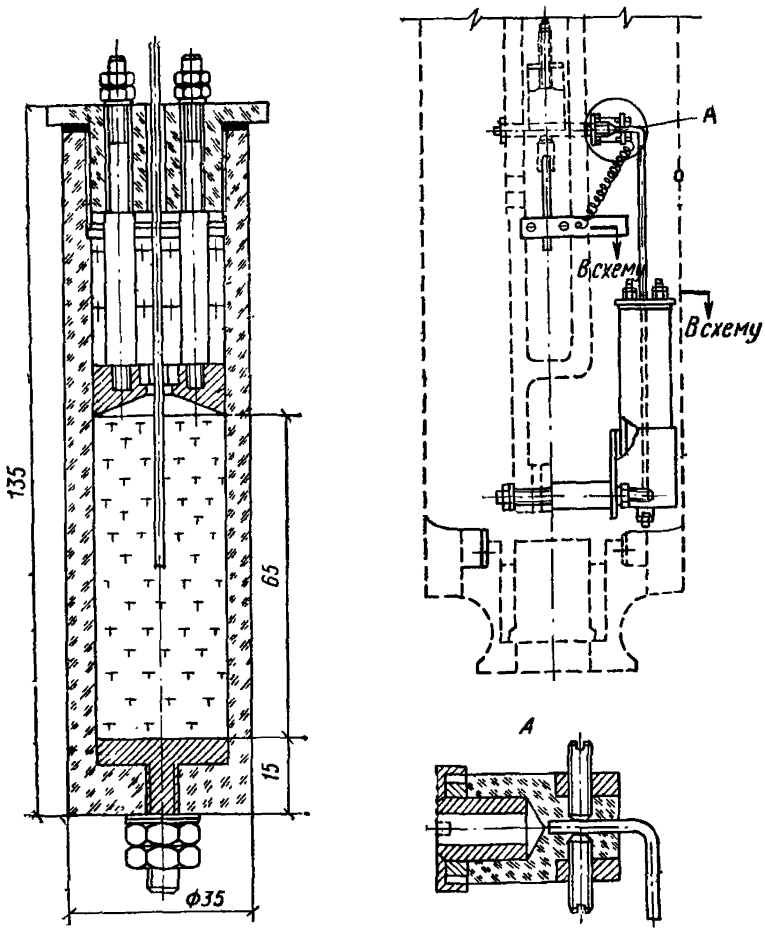



**Рис. 2. Электролитический датчик веса**

и камерные насосы предпочтительнее насосов пневмовинтовых. Везде, где позволяют условия, должен применяться механический способ вертикального транспорта цемента.

3.28. Для повышения точности дозирования может быть рекомендован способ, исключающий влияние неравномерности поступления материала в весовой бункер. Способ заключается в том, что материал загружается в дозатор до определенного веса, близкого

к максимальному, а затем автоматически дозируется, в процессе выгрузки из дозатора в бетоносмеситель

**3.29.** Все бетонные заводы с годовой производительностью свыше 200 тыс. м³ рекомендуется оснащать приборами для автоматической записи показаний дозаторов.

Для этой цели могут быть использованы электронные автоматические самопишущие мосты типа ЭМП-209. Для преобразования хода стрелки циферблатного указателя дозатора в величину электрического сопротивления может быть использован электролитический датчик конструкции Оргэнергостроя (рис. 2).

Диаграммный контроль с помощью самописцев ЭМП-209 заключается в том, что на ленте, кроме автоматической записи движений стрелки циферблатного указателя, вручную наносят линии норм и допустимых интервалов отклонений ($\pm 1 - \pm 2\%$).

В конце каждой смены лаборант должен подсчитать количество взвешиваний, выходящих за пределы допустимых. Отношение этого количества к общему числу замесов является характеристикой точности дозирования в данной смене. Так как по ленте можно с большой точностью определить время всех простоев, то она может быть использована как контрольный журнал работы бетонного завода. Операторы и лаборанты должны обозначать на ленте причины простоев. По характеру записи можно также судить об утечке материала через впускной или выпускной затворы дозатора, о зависании его на стенках расходного или весового бункеров, об общем объеме выпуска бетонной смеси и расходе материалов.

**3.30.** Состав бетонной смеси следует систематически корректировать с учетом изменения характеристик заполнителей (влажности, гранулометрического состава, загрязнения) для обеспечения требуемой подвижности и постоянства заданного водоцементного отношения.

С целью обеспечения корректировки состава в производственных условиях в оборудовании бетонного завода должны быть предусмотрены устройства для отбора проб бетонной смеси и составляющих, а оператору и представителю стройлаборатории обеспечена возможность осмотра каждого замеса без снижения производительности завода. Для этого желательно центральный пост управления бетонным заводом размещать в нижнем этаже.

**3.31.** Оператор центрального поста должен иметь возможность получать информацию о фактических величинах доз и по указанию представителя стройлаборатории изменять норму дозирования.

Дозаторы для этого должны быть оснащены соответствующими устройствами дистанционного управления и контроля. Приборы для автоматической записи показаний дозаторов также рекомендуется располагать в центральном посту.

**3.32.** Жидкие добавки (пластифицирующие, воздухововлекающие, противоморозные и т. д.) должны, как правило, взвешиваться в виде рабочего раствора в отдельных дозаторах. Возможно введение добавок в воде затворения при условии, что разница в расходе цемента между различными составами бетонной смеси, выпускаемыми в течение суток, не превышает 2% среднего, а разница в дозировке воды в зависимости от влажности заполнителей по каждому из составов не превышает 2% номинального водосодержания.

**3.33.** Концентрацию рабочего раствора добавок рекомендуется контролировать перед каждым заполнением расходных баков, но не реже одного раза в смену.

**3.34.** Для контроля концентрации рабочего раствора добавок могут применяться способы, основанные на измерении удельного веса, электропроводности, или колориметрический метод. Способ контроля концентрации устанавливается стройлабораторией.

**3.35.** Сухие порошкообразные добавки (типа золы-уноса) рекомендуется подавать в отдельный бункер, снабженный самостоятельной системой аспирации. Желательно применение для подачи подобных добавок также отдельного трубопровода и дозатора.

## Перемешивание

**3.36.** Приготовление бетонной смеси может производиться в смесителях гравитационного или принудительного перемешивания. Бетоносмесители принудительного перемешивания рекомендуются для приготовления жестких смесей, смесей на пористых заполнителях, бетонных смесей с высокими расходами цемента (более 350 кг/м³).

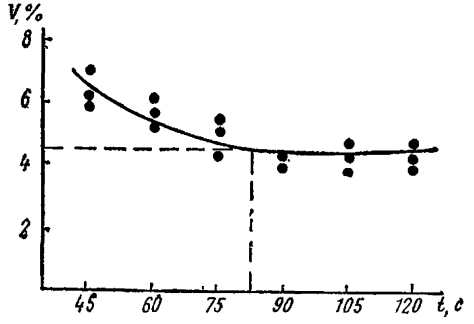



**Рис. 3. График зависимости коэффициента вариации прочности от продолжительности перемешивания**

Гравитационные бетоносмесители дешевле и проще в эксплуатации. Кроме того, в них можно, как правило, приготовлять смеси с заполнителями большей крупности, чем в бетоносмесителях принудительного перемешивания.

**3.37.** Продолжительность перемешивания, как правило, должна определяться строительной лабораторией опытным путем для применяемых материалов и составов бетонной смеси.

**3.38.** Продолжительность перемешивания считается с момента окончания загрузки всех материалов в смеситель до начала выгрузки из него смеси.

**3.39.** Критерием качества перемешивания бетонной смеси рекомендуется считать величину коэффициента вариации прочности в серии контрольных образцов кубов, приготовленных из одного замеса.

**3.40.** Опытное определение продолжительности перемешивания в производственных бетоносмесителях следует осуществлять, удостоверившись, что коэффициент вариации прочности образцов-близнецов, приготовленных в лаборатории, не превышает 4—5%.

**3.41.** Для установления необходимой продолжительности перемешивания рекомендуется опытным путем определить зависимость $V=f(t)$, где $V$ — коэффициент вариации образцов-близнецов, изготовленных из проб одного замеса; $t$ — продолжительность перемешивания.

Таблица 3

**Наименьшая продолжительность перемешивания бетонной смеси в смесителях цикличного действия (с)**

| Объем готового замеса смесителя, л | Смесители | | | |
|---|---|---|---|---|
| | гравитационные | | | принудительного перемешивания |
| | смеси с осадкой конуса, см | | | |
| | менее 2 | 2—6 | более 6 | |
| 500 и менее | 100 | 75 | 60 | 60 |
| Более 500 | 150 | 120 | 90 | 60 |

Достаточной является продолжительность перемешивания, соответствующая выполаживанию кривой на графике (рис. 3).

3.42. Для построения зависимости $V=f(t)$ готовят несколько замесов бетонной смеси с различной продолжительностью перемешивания, например 45, 60, 75, 90, 120 с. Каждой продолжительности перемешивания должны соответствовать три опытных замеса. Минимальную продолжительность перемешивания рекомендуется принимать: для бетоносмесителей принудительного перемешивания 45 с., а для гравитационных — 60 с.

3.43. Отбор проб для изготовления контрольных образцов кубов должен производиться сразу после перемешивания. Пробы должны отбираться равномерно по мере выгрузки замеса от всех его частей.

3.44. Для изготовления образцов нужно отобрать не менее 10 проб, а образцов-кубов из одного замеса — не менее 20.

Отбор проб смеси удобно производить путем протягивания под погрузочным отверстием бетоносмесителя или под бункером выдачи специальной тележки с укрепленными на ней емкостями.

3.45. Изготовление образцов и испытания следует проводить по ГОСТ 10180—67.

Для ускорения получения результатов рекомендуется испытывать образцы на прочность после 7 суток хранения в нормально-влажностных условиях или после термовлажностной обработки в лабораторной пропарочной камере. В последнем случае необходимо соблюдать одинаковый режим термообработки для всех образцов, а испытания проводить не ранее чем через 4 ч после окончания пропаривания.

3.46. Величина коэффициента вариации прочности образцов бетона, приготовленных из проб, соответствующих каждой продолжительности перемешивания, принимается равной среднему из трех, полученных в каждом опытном замесе.

3.47. При отсутствии данных опытной проверки наименьшая продолжительность перемешивания в смесителях цикличного действия принимается по табл. 3.

3.48. Рекомендуется периодически проверять качество перемешивания, зависящее от износа и правильности установки лопастей бетоносмесителя. Подобная проверка заключается в сравнении содержания крупного заполнителя в пробах, отобранных в начале, сере-

дине и конце выгружаемого замеса. Количество крупного заполнителя в пробе определяется мокрым рассевом на сите с отверстиями 5 мм. Разность в содержании крупного заполнителя в трех пробах не должна превышать 5%.

# 4. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

## Общие положения

**4.1.** Для транспортирования бетонной смеси в зависимости от ее первоначальной подвижности, скорости схватывания применяемого цемента, дальности и температурно-влажностных условий перевозок, а также состояния дорог, по которым оно производится, могут применяться следующие средства: автобетоносмесители, автобетоновозы, автосамосвалы. В отдельных случаях транспортирование бетонной смеси может осуществляться в бадьях и бункерах, установленных на автомашинах (автобадьевозы), а также на железнодорожных платформах с мото- или электротягой. Типы и характеристики автосредств для транспортирования бетонной смеси приведены в приложении IV.

**4.2.** Средства, предназначенные для перевозки бетонной смеси, должны обеспечивать максимально возможное сохранение ее свойств: исключать попадание в нее атмосферных осадков, не нарушать ее однородности, исключать потери цементного молока или раствора в пути, обеспечивать предохранение от вредного воздействия положительных и отрицательных температур, а также ветра и солнечных лучей.

**4.3.** Транспортирование бетонной смеси должно быть организовано так, чтобы на месте укладки она имела заданную подвижность и однородность, а изготовленный из нее бетон должен иметь проектную марку по прочности и, при необходимости, морозостойкости, водонепроницаемости, истираемости и другим требующимся характеристикам.

**4.4.** Выбор средств и режимов перевозок бетонных смесей, а также определение допустимого времени и дальности их транспортирования (с целью сохранения свойств смеси) должны устанавливаться с учетом местных условий по методике, изложенной в настоящей главе.

**4.5.** Определение рациональных маршрутов и разработку графиков доставки бетонной смеси с заводов-изготовителей на строительные объекты рекомендуется осуществлять в едином диспетчерском центре, с помощью автоматической системы управления (АСУ) бетонорастворными заводами на электронно-вычислительных машинах или, в случае малого количества объектов, вручную по специально составленным программам математическими методами линейного и динамического программирования.

**4.6.** В целях предотвращения расслоения и сохранения технологических свойств перевозимой бетонной смеси рекомендуется следующее:

перевозки бетонной смеси осуществлять по дорогам и подъездным путям, покрытым жестким покрытием, не имеющим выбоин и других дефектов;

транспортирование бетонной смеси организовать так, чтобы максимально сократить количество перегрузочных операций и по воз-

можности осуществлять разгрузку смеси непосредственно в бетонируемую конструкцию или бетоноукладочное оборудование, что может быть обеспечено устройством подъездных путей к месту ее укладки;

ограничить высоту свободного падения бетонной смеси при выгрузке ее из автотранспортных средств 1,5 м. В противном случае автотранспорт должен быть снабжен специальными лотками для подачи смеси к месту укладки;

перевозки бетонных смесей в зимних условиях или в условиях сухого и жаркого климата рекомендуется осуществлять согласно специальным организационно-техническим мероприятиям по предохранению смесей от переохлаждения или от перегревания;

при транспортировании бетонных смесей в зимних условиях пункты перегрузок смеси защищать от ветра и снега;

во избежание перегрева бетонной смеси при перевозках в условиях высоких положительных температур красить кузова спецавтомашин в белый цвет.

**4.7.** Рекомендуется оснащать спецавтотранспорт для перевозок бетонных смесей специальным оборудованием для радиосвязи с центральным диспетчерским пунктом и со строительными объектами.

**4.8.** Емкости, в которых перевозится бетонная смесь, должны систематически очищаться и промываться. Не рекомендуется в процессе очистки кузова подвергать его ударному воздействию ручным инструментом (кувалда, лом и т. д.).

## Траспортирование и приготовление автобетоносмесителями

**4.9.** Автобетоносмесители — специализированные машины для перевозки сухих бетонных смесей и приготовления из них в пути следования готовых бетонных смесей. Они могут быть использованы для перевозки готовых смесей с побуждением их в пути. Загрузка автобетоносмесителей сухой смесью и водой или готовой смесью производится на специализированных заводах товарного бетона.

**4.10.** Автобетоносмеситель (рис. 4) состоит, как правило, из шасси базового автомобиля, привода или дополнительного двигателя для вращения смесительного барабана, бака для воды, смесительного барабана с аварийным люком, загрузочного устройства, устройства ручного управления смесительным барабаном, навесного оборудования для распределения смеси при ее выдаче. Автобетоносмеситель во многих случаях: при транспортировании смеси на значительное расстояние (более 30—45 км), необходимости доставки на строительные объекты высокоподвижных смесей, постепенной выдачи смесей (работа с бетононасосом) и в ряде других случаев практически незаменим, несмотря на то, что он является наиболее дорогостоящей, по сравнению с автобетоновозами и автосамосвалами, машиной.

**4.11.** Исходные материалы, загружаемые в автобетоносмеситель, могут представлять собой:

сухую смесь;

смоченную смесь (при повышенной влажности компонентов);

готовую бетонную смесь.

Исходные компоненты могут загружаться в барабаны автобето-

Таблица 4

**Рекомендуемое время и режим транспортирования в автобетоносмесителях**

| Вид бетонной смеси | Коэффициент использования барабана | | Рекомендуемое время нахождения в пути, *ч* | Режим транспортирования смеси |
|---|---|---|---|---|
| | верхняя загрузка | задняя загрузка | | |
| Сухая | 0,5 | 0,52—0,57 | Не ограничено | А |
| Смоченная | 0,64 | 0,65—0,69 | Не более 3 *ч* | Б |
| Готовая | 0,71 | 0,74—0,8 | Не более 2 *ч* | В |

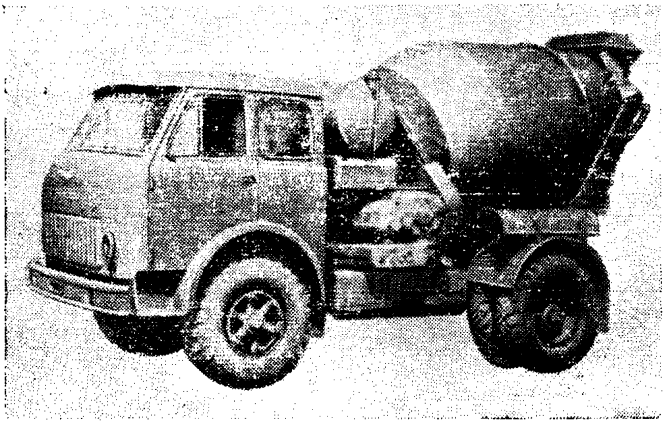


**Рис. 4. Автобетоносмеситель С-1036**

носмесителя как через загрузочное устройство, так и через специальный верхний люк барабана.

В зависимости от вида смеси, загружаемой в автобетоносмеситель перед транспортированием, возможна его работа в трех режимах:

1) Включение барабана в пути следования или на строительном объекте за 10—20 мин до разгрузки (режим А);

2) включение барабана непосредственно после его наполнения исходным материалом (режим Б);

3) периодическое включение и выключение барабана во время транспортирования смеси до объекта (режим В).

**4.12.** Рекомендуемые дальность и продолжительность транспортирования смесей в автобетоносмесителях, а также режим перевозок и объем смеси, заполняющий его барабан, зависят от вида загружаемых материалов и способа загрузки смесителя (табл. 4).

Следует отметить, что при эксплуатации автобетоносмесителей в режиме А исходные компоненты смеси должны быть сухими, влажность песка не более 3—4%, иначе в барабане смесителя образуются комья слипшегося с заполнителем цемента, что в дальнейшем значительно ухудшает качество бетона и препятствует выгрузке бетонной смеси из барабана.

**4.13.** Кузова автобетоносмесителей рекомендуется промывать водой после каждой перевозки бетонной смеси и после каждой рабочей смены.

## Транспортирование автобетоновозами

**4.14.** Автобетоновозы — специализированные машины, предназначенные для перевозок готовых бетонных смесей и растворов на расстояния до 45 км. Они имеют высокие кузова каплевидной формы, расположенные в зоне минимальной вибрации рамы базового

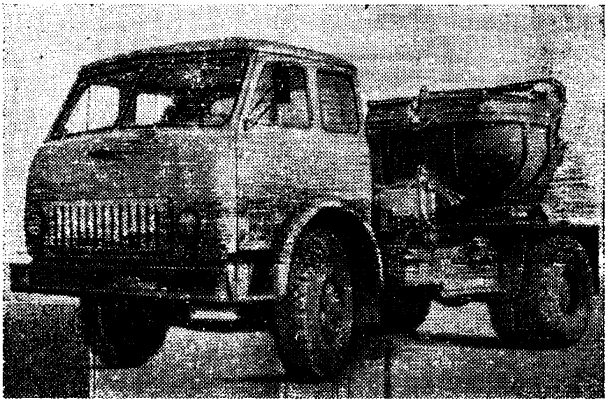


**Рис. 5. Автобетоновоз**

автомобиля (зона комфорта), благодаря чему обеспечивается сохранность перевозимой бетонной смеси от расслоения и разбрызгивания. Для предохранения смеси от воздействия атмосферных осадков и ветра кузов имеет крышку, а для предохранения смеси от воздействия низких отрицательных или высоких положительных температур — двойную обшивку с пространством между ее листами, которое позволяет снабдить кузов специальным термоизолятором или осуществлять подогрев смеси выхлопными газами. Некоторые конструкции автобетоновозов имеют побудитель для домешивания смеси в пути и приспособление для порционной выдачи смеси.

Автобетоновоз (рис. 5) состоит из собственно базовой автомашины, ковшеобразного кузова (иногда внутри кузова размещены вращающиеся лопасти) со специальной крышкой, опорно-поворотного круга и платформы (при разгрузке смеси только назад этот круг отсутствует), которая дает возможность значительно увеличить вы-

Таблица 5

**Максимально технологически допускаемые расстояния транспортирования бетонной смеси при температуре воздуха от ±20 до +30° С**

| Подвижность бетонной смеси, см | Вид дорожного покрытия | Скорость транспортирования, км/ч | Расстояние, км | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Автобетоносмеситель | | | Автобетоновоз | Автосамосвал | Автобадьевоз |
| | | | Режим транспортирования | | | | | |
| | | | А | Б | В | готовая смесь без побуждения в пути | | |
| 1—3 | Жесткое асфальтовое, асфальтобетон и т. д. | 30 | Не ограничено | До 120 | До 100 | До 45 | 30 | 25 |
| 4—6 | | | | 100 | 80 | 30 | 20 | 15 |
| 7—9 | | | | 80 | 60 | 20 | 15 | 10 |
| 10—14 | | | | 60 | 45 | 15 | 10 | 8 |
| 1—3 | Мягкое грунтовое улучшенное | 15 | Применение не рекомендуется ввиду возможности быстрого выхода из строя | | | 12 | 7,5 | 5 |
| 4—6 | | | | | | 8 | 5,0 | 3 |
| 7—9 | | | | | | 5,4 | 3,7 | 2 |
| 10—14 | | | | | | 4,0 | 2,5 | 1,6 |

Примечание. Для автобадьевоза скорость перевозки по дорогам с жестким покрытием $V$=25 км/ч.

соту выгрузки смеси и поворачивать кузов на 90° в горизонтальной плоскости, системы управления кузовом, дозирующего устройства, крепящегося к опорной части платформы или расположенного внутри кузова.

**4.15.** Рекомендуемые дальности транспортирования бетонной смеси в автобетоновозах в зависимости от ее первоначальной подвижности представлены в табл. 5.

Определение первоначальной подвижности смеси при ее приготовлении на заводе $ОК_3$ с целью получения заданной подвижности на строительном объекте изложено в п. 4.27 настоящей главы.

## Транспортирование автосамосвалами

**4.16.** В условиях отсутствия спецавтотранспорта допустимо применение автосамосвалов при транспортировании бетонных смесей лишь на короткие расстояния (см. табл. 5) и только при осуществлении следующих мероприятий:

в целях уменьшения потерь бетонной смеси в результате ее выплескивания в момент уменьшения или увеличения скорости, а так-

же при резком торможении или начале движения рекомендуется наращивать борта его кузова не менее чем на 40 см;

для ликвидации утечки растворной части бетонной смеси рекомендуется уплотнять место примыкания заднего борта к кузову прокладками из листовой резины, транспортерных лент или шлангов

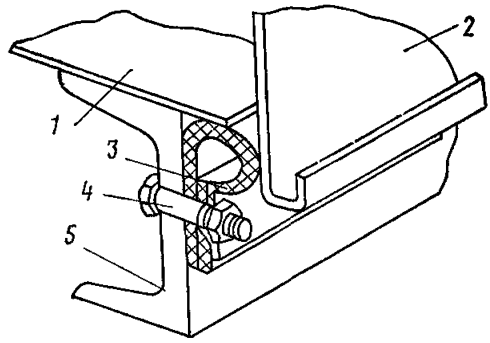



**Рис. 6. Примыкание заднего борта к кузову автосамосвала**

*1* — кузов; *2* — задний борт; *3* — резиновая прокладка; *4* — болт; *5* — плунжеры

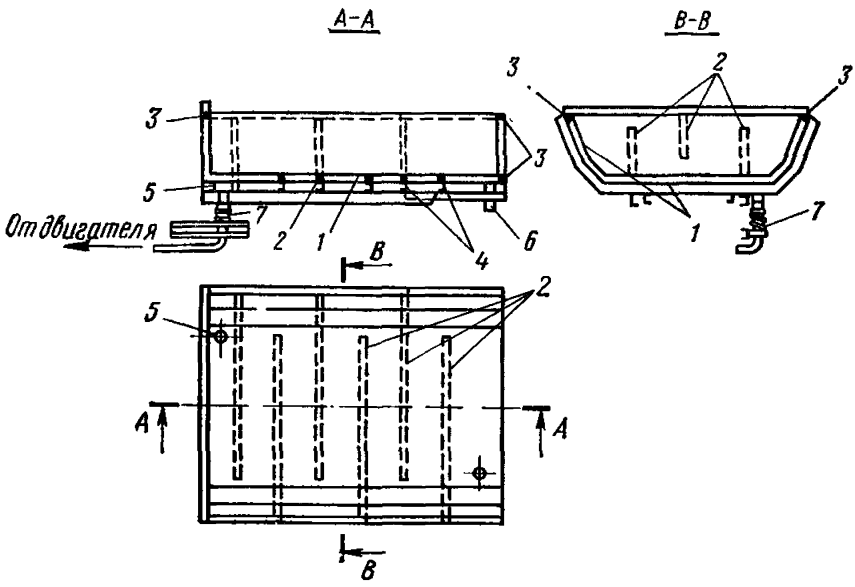



**Рис. 7. Кузов автосамосвала, оборудованный для обогрева выхлопными газами (Главмосстрой)**

*1* — дополнительные стенки из листовой стали; *2* — средние брусья; *3* — брусья, замыкающие полость; *4* — поперечные балки основания кузова; *5* — отверстия для прохода газов в обогреваемую полость; *6* — патрубок для выброса газов в атмосферу; *7* — газопровод с разъемным соединением

(рис. 6). Может быть также сделан неоткрывающийся наклонный задний борт аналогично конструкциям автобетоновозов;

в целях сохранения температуры бетонной смеси, перевозимой автосамосвалами при температурах наружнего воздуха выше +15 и ниже —5° С, рекомендуется устраивать термоизоляцию кузова аналогично термоизоляции автобетоновоза;

при эксплуатации автосамосвалов в условиях низких температур в них следует оборудовать теплообогрев кузова выхлопными газами автомобиля.

**4.17.** Конструктивно теплообогрев кузова решается путем пропуска выхлопных газов с предварительно пониженной до 30—45° С температурой в зазор между двойными стенками бортов и днища кузова (рис. 7). Понижение температуры выхлопных газов может быть получено путем пропуска их через трубчатый змеевик.

**4.18.** Для более равномерного обогрева в зазорах двойного днища и бортов рекомендуется устраивать лабиринт, препятствующий проходу газов по кратчайшему пути к выхлопному отверстию;

в целях предотвращения попадания в перевозимую бетонную смесь атмосферных осадков и прямой солнечной радиации, а также термоизоляции над кузовом самосвала рекомендуется делать крышку.

**4.19.** Для облегчения и сокращения времени выгрузки бетонной смеси из кузовов автосамосвалов рекомендуется использовать вибропобудители, имеющиеся в гидроцилиндрах некоторых автосамосвалов, для этой же цели может быть также использован обычный автомобильный стартер с навешанным на его якорь дебалансом. В этих же целях рекомендуется увеличить угол подъема кузова автосамосвала до 85—90°.

**4.20.** Кузова автосамосвалов рекомендуется промывать после каждой рабочей смены и перед длительными (более 30 мин) перерывами в транспортировании.

## Прочие виды транспортирования бетонных смесей

**4.21.** Транспортирование бетонных смесей может осуществляться автобадьевозами, автомототележками и железнодорожными платформами.

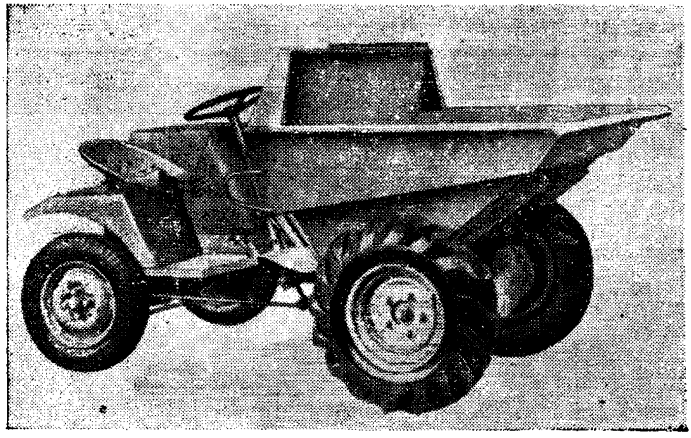


**Рис. 8. Автотележка с опрокидным бункером**

**4.22.** Автобадьевоз предназначен для перевозок готовых смесей в отдельных специальных бадьях, которые ставятся и снимаются с рамы бадьевоза с помощью подъемного крана и вместе с находящейся в бадье смесью оставляются на строительном объекте для последующего использования.

С помощью бадьевоза можно доставлять смесь мелкими порциями в любую точку строительной площадки.

**4.23.** Для обеспечения высоких темпов подачи бетонной смеси может быть рекомендовано применение железнодорожных платформ с мото- и электротягой, на которые устанавливаются съемные бадьи с готовой бетонной смесью.

**4.24.** Небольшие количества бетонной смеси до 0,1—0,2 м$^3$ могут доставляться на короткие расстояния автомототележками, имеющими специальный опрокидной бункер (рис. 8).

## Выбор автотранспортных средств

**4.25.** Выбор автотранспортных средств производится с учетом дальности (или времени) транспортирования, типа дорог, погодных условий, а также подвижности смеси и ее состава.

**4.26.** При перевозках бетонной смеси по дорогам, имеющим одинаковый тип покрытия по всему маршруту, за максимальные допустимые расстояния ($L_{доп}$) рекомендуется ориентировочно принимать данные табл. 5 и 8.

**4.27.** Подвижность бетонной смеси при ее приготовлении на заводе рекомендуется назначать с учетом ее изменения при перевозках на заданное расстояние в автобетоновозах и автосамосвалах по формуле

$$ОК_з = \frac{ОК_{об}}{\eta\mu}, \qquad (9)$$

где $ОК_з$ и $ОК_{об}$ — подвижность бетонной смеси соответственно на заводе (до перевозки) и на строительном объекте (после перевозки); $\eta$ — коэффициент потери подвижности, зависящий от дальности транспортирования, определяется по графику (рис. 9); $\mu$ — коэффициент потери подвижности, зависящий от температуры окружающей среды, принимается по табл. 6.

Таблица 6

**Температурный коэффициент потери подвижности смеси $\mu$**

| Тип машины | Значение коэффициента $\mu$ при температуре окружающей среды, °С | | | |
|---|---|---|---|---|
| | от —20 до —4 | от —5 до +5 | от +6 до +20 | от +21 до +30 |
| Автобетоновозы | 1,10 | 1,25 | 1,1 | 1 |
| Автосамосвалы | 1,25 | 1,4 | 1,25 | 1 |

**4.28.** При транспортировании бетонной смеси по дорогам с различными типами покрытий непременным условием является ограничение приведенной дальности транспортирования смеси — $l_{прив}$, которая не должна превышать допустимой по дорогам с жестким покрытием:

$$l_{прив} \leqslant l_{доп}.$$

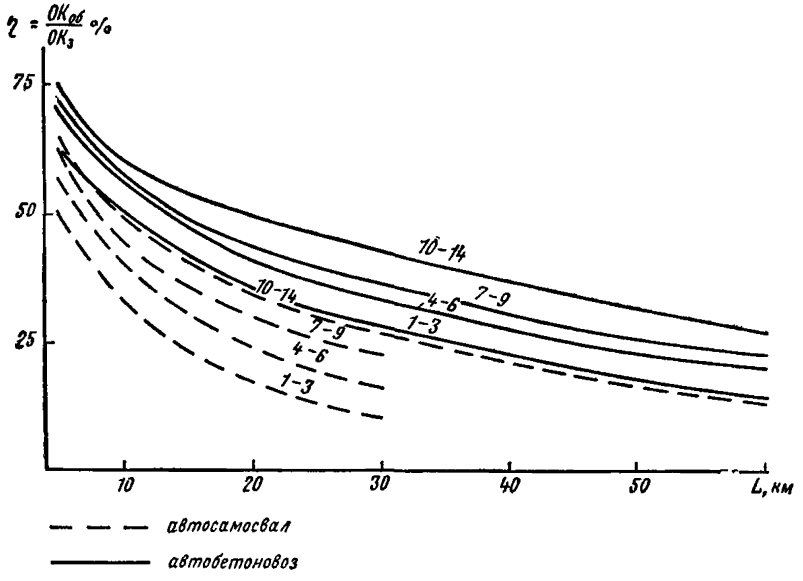



**Рис. 9. Изменение подвижности бетонной смеси от дальности ее перевозок**

Приведенная дальность транспортирования определяется как сумма произведений расстояния дорог с различными типами покрытий и коэффициента дорожного покрытия $K_д$.

$$l_{прив} = \sum_{n<1}^{i} lK_д = l_{доп}; \qquad (10)$$

где $i$ — количество участков с различным типом покрытий. Значение коэффициента $K_д$ определяется по табл. 7.

Если приведенная дальность транспортирования бетонных смесей превышает допустимую, то необходимо выбрать другой маршрут или применять автобетоносмеситель.

**4.29.** Время и дальность транспортирования разогретых смесей подвижностью 1—3 см по дорогам с жестким покрытием в зависимости от их температуры и температуры окружающей среды представлены в табл. 8.

Таблица 7

**Значение коэффициента $K_д$**

| Вид покрытия дороги | Скорость перевозок $V$, км/ч | Тип автомашины | | |
|---|---|---|---|---|
| | | автосамосвал | автобетоновоз | автобадьевоз* |
| Жесткое (асфальт, бетон, асфальтобетон и т. д.) | 30 | 1 | 1 | 1 |
| Мягкое (грунтовое улучшенное) | 15 | 4 | 3,70 | 5 |

* Для автобадьевоза скорость перевозки по дорогам с жестким покрытием $V$=25 км/ч.

Таблица 8

**Время и дальность транспортирования в автосамосвалах разогретых бетонных смесей подвижностью до 3 см по дорогам с жестким покрытием**

| Температура окружающей среды, °С | Температура бетонной смеси при ее приготовлении, °С | Предельно допустимые | |
|---|---|---|---|
| | | дальность транспортирования (км) при $V$ = 30 км/ч | время транспортирования, мин |
| От —40 до —50 | От +30 до +45 | 15 | 30 |
| От —30 до —40 | От +20 до +30 | 22,5 | 45 |
| От —20 до —30 | От +10 до +20 | 30 | 60 |
| От 0 до —30 | От +20 до +30 | 30 | 60 |
| 0—30 | От +10 до +20 | 45 | 90 |

Примечание. При подвижности бетонной смеси более 3 см для определения предельной дальности и времени транспортирования следует пользоваться табл. 5.

**4.30.** Температура бетонной смеси после ее транспортирования в автомашинах, не имеющих термоизоляции, в момент разгрузки $t_{тр}$ определяется по формуле

$$t_{тр} = t_з \pm n\Delta t_{тр}. \qquad (11)$$

Знак минус берется в случае остывания смеси при перевозке (зимние условия), знак плюс — в случае ее нагревания (летние условия).

При определении средней температуры всей перевозимой массы смеси $n$=1, где $n$ — коэффициент, зависящий от места расположения смеси в автомобиле.

При определении минимальной (зимние условия) и максималь-

Таблица 9

**Изменение температуры $\Delta t'_{тр}$ при транспортировке различными автосредствами**

| Способ транспортирования | Марка транспортирующего устройства | Объем перевозимой смеси, м³ | $\Delta t'_{тр}$, град/град мин |
|---|---|---|---|
| Автосамосвалы | ГАЗ-93 | 1,4 | 0,0037 |
| | ЗИЛ-ММЗ-555 | 2 | 0,003 |
| | МАЗ-500 | 3,2 | 0,0025 |
| Автобадьевозы | Бадья опрокидная прямоугольная | 0,3 | 0,0022 |
| | Бадья цилиндрическая со шторно-роликовым затвором | 1,6 | 0,0009 |

ной (летние условия) температур верхнего и нижнего слоев перевозимой в автомашине смеси $n=2$.

$t_з$ — температура бетонной смеси в момент ее приготовления и выдачи в автомашину;

$\Delta t_{тр}$ — изменение средней температуры бетонной смеси в процессе ее транспортирования

$$\Delta t_{тр} = \Delta t'_{тр}\, \Delta T \tau\,, \tag{12}$$

где $\Delta t'_{тр}$ — изменение температуры бетонной смеси, $\frac{\text{град}}{\text{град} \cdot \text{мин}}$, при транспортировке в течение одной минуты в условиях перепада температур бетонной смеси и окружающего воздуха в 1° (значения $\Delta t'_{тр}$ изменяются в зависимости от формы, в которой перевозится смесь, и даны в табл. 9);

$\Delta T$ — перепад температур наружного воздуха и перевозимой — бетонной смеси, град.;

$\tau$ — время транспортировки смеси, мин.

Значения $\Delta t_{тр} = \Delta t^{ср}_{тр}$ (при $n=1$) и $\Delta t_{тр} = \Delta t^{макс}_{тр}$ (при $n=2$) для автосамосвалов в зависимости от $\Delta T$ и $\tau$ могут быть ориентировочно определены по графику рис. 10.

4.31. Необходимое для перевозки смесей количество автомашин в смену $\Sigma N$ при соблюдении заданного темпа бетонирования $\frac{Q}{S} = P_t$ определяется из условия

$$\sum_{l=1}^{n} N = \sum_{l=1}^{n} \frac{Q_l\, \gamma_б\, l_{тр\, l}}{\omega_l\, S}\,, \tag{13}$$

где $i$ — количество автомашин данного типа на перевозке бетонных смесей;

$Q$ — общий объем укладываемой бетонной смеси $Q = \sum_{i=1} Q_i$;

$Q_i$ — объем смеси, перевозимой с данного завода в данном типе автомашины;

$l_{тр\,i}$ — расстояние маршрута от завода до объекта, по которому производится перевозка смеси в данном типе автомашин;

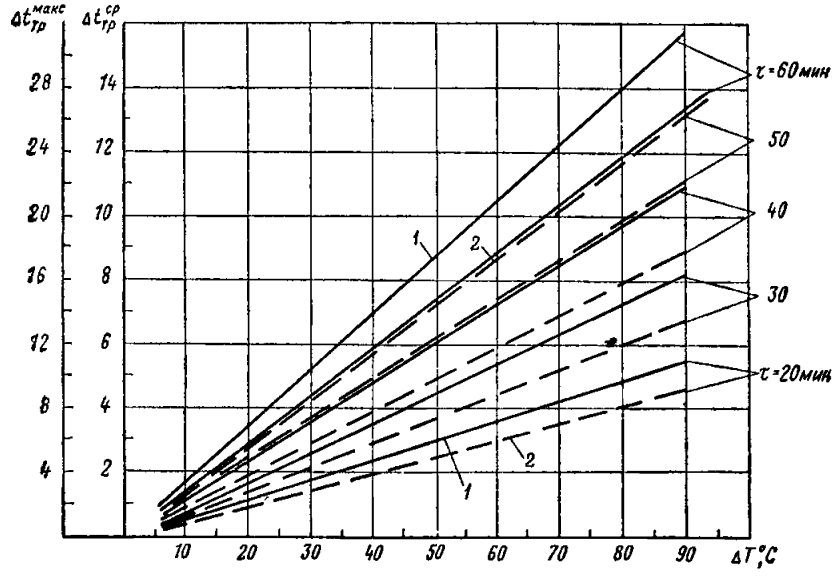



**Рис. 10. Теплоизменения бетонной смеси при перевозках в автосамосвалах типа**

*1* — ЗИЛ-ММЗ-555; *2* — МАЗ-503; τ — время транспортирования, $\Delta T$ — перепад температуры бетонной смеси и наружного воздуха, $\Delta t_{тр}^{макс}$ — максимальное изменение бетонной смеси, $\Delta t_{тр}^{ср}$ — среднее темпоизменение бетонной смеси, 0° С

$\omega_i$ — выполняемая одним автомобилем полезная работа в тонно-километрах при перевозке бетонной смеси с данного завода на данный объект

$$\omega_i = n_i\, q_i\, \beta_i\, l_{тр\,i},$$

где $n_i$ — число оборотов данного автомобиля в смену;

$q_i$ — грузоподъемность автомашины;

$\beta_i$ — коэффициент использования грузоподъемности;

$S$ — количество смен, в течение которых должно быть произведено бетонирование;

$P_i$ — масса перевозимого автомашиной груза $P_i = Q_i \gamma_б$;

$\gamma_б$ — объемная масса бетонной смеси, равная 2,4 т/м$^3$;

$$n_i = \frac{T}{t_{об}},$$

где $T$ — время одной смены;

$t_{об}$ — время одного оборота автомобиля;

$$t_{об} = t_{пi} + t_{рi} + t_{мi} + t_{пер} + \frac{l_{гр\,i}}{v_{гр\,i}} + \frac{l_{пор\,i}}{v_{пор\,i}}, \qquad (14)$$

где $t_{пi}$ — время загрузки;
$t_{рi}$ — время разгрузки;
$t_{мi}$ — время маневрирования до разгрузки;
$t_{пер}$ — дополнительное время для перемешивания смеси (для автобетоносмесителей);
$l_{гр\,i}$ — расстояние маршрута перевозки бетонной смеси от данного завода до данного объекта;
$l_{пор\,i}$ — расстояние маршрута порожнего рейса от данного объекта до данного завода;
$v_{гр\,i}$ — скорость автомашины с грузом;
$v_{пор\,i}$ — скорость автомашины без груза.

В расшифрованном виде формула (13) будет следующей:

$$\sum_{i=1}^{n} N_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{P}{Tg_i\,\beta_i}\left(t_{пi} + t_{рi} + t_{мi} + t_{пер} + \frac{l_{гр\,i}}{v_{гр\,i}} + \frac{l_{пор\,i}}{v_{пор\,i}}\right).$$

Пример 1. Определение парка машин для транспортирования бетонной смеси.

Подготавливается производство бетонных работ на крупном металлургическом комплексе. Бетонирование должно происходить в три этапа. На первом этапе, продолжающемся 2 месяца, темп бетонирования составляет $P_1 = 192$ м³/смену, на втором (в течение 3 месяцев) — $P_2 = 384$ м³/смену, на третьем (в течение 2 месяцев) $P_3 = 273$ м³/смену. Доставка бетонной смеси на объект осуществляется с трех заводов. При этом мощность первого завода 192 м³/смену, мощность второго 162 м³/смену, мощность третьего 200 м³/смену. Среднее расстояние груженого пробега автомобиля $l_{гр}$ составляет соответственно с первого завода до объекта 5 км, с третьего 45 км по асфальтированным дорогам.

Со второго завода имеются 2 пути: первый путь 27 км по асфальтированной дороге и 1 км по проселочной, второй 10 км по проселочной дороге.

Расстояние порожнего пробега $l_{пор}$ от объекта до первого завода составляет 10 км. В остальных случаях расстояния порожних и груженых рейсов совпадают.

Скорости пробега для порожнего и груженого рейса по различным дорогам указаны в табл. 10

Бетон, доставленный на объект, должен иметь подвижность $ОК_{об} = 2$ см. Доставка идет при температуре наружного воздуха +5° С.

Определить:

1) маршруты и типы машин, осуществляющих перевозки с завода на строительный объект;

2) количество автомашин, доставляющих смеси с каждого из заводов;

3) необходимую при изготовлении подвижность бетонной смеси.

Решение:

1. Для транспортирования смесей с первого и третьего заводов существует лишь один маршрут. При этом перевозки с первого заво-

Таблица 10

**Скорости пробега машин**

| Тип пробега | Тип дорожного покрытия | $V_{гр i}$, км/ч | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Тип автомашины | | |
| | | автосамосвал | автобетоновоз | автобетоносмеситель |
| Груженый | Жесткое | 30 | 30 | 25 |
| | Мягкое | 15 | 15 | 15 |
| Порожний | Жесткое | 40 | 40 | 35 |
| | Мягкое | 20 | 20 | 18 |
| Масса перевозимой за одну поездку смеси, т | | 6 | 7,68 | 7,68 |

да могут осуществляться автосамосвалами, так как расстояние от этого завода до объекта значительно меньше допустимого $l=5$ км $\leqslant$ $\leqslant l_{доп}=30$ км.

Третий завод находится на расстоянии 45 км, учитывая, что при перевозке в автобетоновозе исходная подвижность смеси при данном расстоянии должна быть не менее 4—6 см (по стандартному конусу) $l_{доп}=30$ км, отсюда

$$l = 45 \text{ км} > l_{доп} = 30 \text{ км}.$$

Следовательно, перевозки с третьего завода не могут осуществляться автобетоновозами или автосамосвалами. В данном случае необходимо применение автобетоносмесителей.

Транспортирование смеси со второго завода может осуществляться двумя маршрутами, поэтому помимо типа автомашин необходимо выбрать рациональный маршрут.

По проселочной дороге расстояние от завода до объекта 10 км, что больше $l_{доп}=7{,}5$ для автосамосвала и меньше $l_{доп}=12$ км для автобетоновоза; следовательно, по этой дороге можно везти смесь автобетоновозом.

Приведенное расстояние при перевозке смеси автобетоновозом по проселочной дороге (маршрут первый) составит

$$l_{1\,прив} = 10 \cdot 3{,}7 = 37 \text{ км}.$$

Во втором маршруте приведенное расстояние равно $l_{2прив}=$ $=27+13{,}7=30{,}7$; следовательно, на этом маршруте, так же как и на первом, необходимо применять автобетоновоз.

Сравнивая $l_{1прив}$ и $l_{2прив}$, выясняем, что транспортирование смеси со второго завода на строительный объект должно осуществляться автобетоновозами по второму маршруту, несмотря на то, что он значительно длиннее первого.

2. Переходим к определению количества автомашин каждого типа для перевозки бетонной смеси. Затраты времени на каждую операцию представлены в табл. 11.

В связи с кратностью 0,8 м³ (по выходу смеси) современных бетоносмесителей, установленных на заводах товарного бетона, авто-

Таблица 11

**Пооперационные затраты времени**

| Параметры перевозки | Автобетоно-смеситель | Автобетоновоз | Автосамосвал |
|---|---|---|---|
| Время погрузки $t_п$ | 12 мин — 0,2 ч | 6 мин — 0,1 ч | 6 мин — 0,1 ч |
| Время разгрузки $t_р$ | 15 мин — 0,25 ч | 1,5 мин = 0,25 ч | 3 мин = 0,05 ч |
| Время маневрирования $t_м$ | 6 мин — 0,1 ч | 3 мин — 0,05 ч | 3 мин — 0,05 ч |
| Время перемешивания $t_{пер}$ | 15 мин — 0,25 ч | — | — |
| Коэффициент использования грузоподъемности $\beta$ | 1 | 0,96 | 0,96 |
| Объем перевозимой за одну поездку смеси | 2,5 | 3,2 | 3,2 |

самосвалы МАЗ-503А и автобетоновозы на базе МАЗ-503А перевозят по 3,2 м³ смеси, что составляет 7,68 т.

Коэффициент использования грузоподъемности равен:

$$\beta = \frac{7,68}{8} = 0,96 .$$

На первом этапе работ бетонная смесь будет подаваться с первого завода, мощности которого хватает для обеспечения заданного темпа бетонирования.

$P_1$ — 192 м³/смену $P_1 = 192 \times 2,4 = 460,8$ т/смену.

В автохозяйстве имеются самосвалы МАЗ-503А грузоподъемностью 8 т. Поскольку на первом этапе у нас один тип автомашин, то $i = 1$. Автосамосвал не перемешивает смесь в пути, поэтому $t_{пер} = 0$; формула (113) примет следующий вид:

$$N_1 = \frac{P}{Tg_1 \beta_1}\left(t_{п1} + t_{р1} + t_{м1} + \frac{l_{гр1}}{v_{гр1}} + \frac{l_{пор}}{v_{пор}}\right);$$

$$N_1 = \frac{460,8}{8 \cdot 8 \cdot 0,96}\left(0,1 + 0,05 + 0,05 + \frac{5}{30} + \frac{10}{40}\right) = 4,65 \approx 5;$$

На втором этапе необходимый темп бетонирования ($P = 384$ м³/смену) могут обеспечить только все три завода, работая совместно, причем $P = P_1 + P_2 + P_3$,

где $P_1 = 192$ м³/смену; $P_2 = 162$ м³/смену; $P_3 = 30$ м³/смену,

или $P_1 = 460,8$ т/смену; $P_2 = 388,8$ т/смену; $P_3 = 72$ т/смену.

Общее количество машин определяется из условия

$$\sum_{i=1}^{n} N_i = N_1 + N_2 + N_3,$$

где $N_1$ — количество автосамосвалов;
$N_2$ — количество автобетоновозов;
$N_3$ — количество автобетоносмесителей.

Количество автобетоновозов, перевозящих смесь со второго завода:

$$N_2 = \frac{388{,}8}{8 \cdot 8 \cdot 0{,}96}\left(0{,}1 + 0{,}025 + 0{,}05 + \frac{30{,}7}{30} + \frac{30{,}7}{40}\right) = 12{,}41 \approx 13.$$

Количество автобетоносмесителей, перевозящих смесь с третьего завода, равно:

$$N_3 = \frac{72}{8 \cdot 6 \cdot 1}\left(0{,}2 + 0{,}25 + 0{,}1 + 0{,}25 + \frac{45}{30} + \frac{45}{40}\right) = 5{,}23 \approx 6.$$

При этом третий завод большую часть своей продукции будет поставлять другим стройкам;

На третьем этапе необходимый темп бетонирования $P_3 = 273$ м$^3$/смену могут обеспечить первый и второй заводы, работая совместно, причем здесь $P = P_1 + P_2$, где $P_1 = 192$ м$^3$/смену, а $P_2 = 81$ м$^3$/смену, или $P_1 = 460{,}8$ т/смену, а $P_2 = 194{,}4$ т/смену.

Количество автосамосвалов, доставляющих смесь с первого завода, равно 5.

Количество автобетоновозов, доставляющих смесь со второго завода, равно:

$$N_2 = \frac{194{,}4}{8 \cdot 8 \cdot 0{,}96}\left(0{,}1 + 0{,}025 + 0{,}05 + \frac{30{,}7}{30} + \frac{30{,}7}{40}\right) = 6{,}218 \approx 7.$$

Таким образом, на первом этапе работ в течение каждой смены бетонная смесь поставляется с первого завода пятью автосамосвалами МАЗ-503А.

На втором этапе в смену поставку с первого завода осуществляют 5 автосамосвалов МАЗ-503А, со второго завода 13 автобетоновозов, с третьего завода 7 автобетоносмесителей С-1036.

На третьем этапе работ поставки в смену с первого завода осуществляют 5 автосамосвалов МАЗ-503А, со второго завода 7 автобетоновозов.

3. Определяем необходимую при изготовлении подвижность бетонной смеси с учетом ее снижения при транспортировке.

Дано: подвижность бетонной смеси, доставленной на объект должна быть равна 2 см (по стандартному конусу), перевозка смеси осуществляется при температуре +5° С.

При изготовлении на первом заводе по рис. 10 определяем: а) чтобы бетонная смесь после ее перевозки в автосамосвалах на 5 км до объекта имела подвижность $ОК_{об} = 2$ см, ее первоначальная подвижность при $t = 20$—30° С должна быть 3,5 см.

Отсюда определяем $\eta = \frac{2}{3{,}5} = 0{,}57$, проверяем значение $\eta$ по

графику (рис. 10), выявляем, что условия перевозки действительно дают значение $\eta = 0{,}57$. Учитывая, однако, что мы осуществляем перевозки при 5° С, истинное значение первоначальной подвижности получим следующее:

$$ОК_з = \frac{ОК_{об}}{\eta\mu} = \frac{2}{0{,}57 \cdot 1{,}4} = 2{,}5 \text{ см};$$

б) чтобы доставленная в автобетоновозе со второго завода ($l_{прив} = 30{,}70$ км) на объект бетонная смесь имела подвижность 2 см при $t = 20$—30° С, необходимо, чтобы ее заводская подвижность (рис. 10) была ОК=6 см. Исходя из условий перевозок проверяем значение

$$\eta = \frac{ОК_{об}}{ОК_з} = \frac{2}{6} = 0{,}33.$$

Учитывая, что работы осуществляются при температуре +5° С, истинное значение первоначальной подвижности будет следующее:

$$ОК_з = \frac{ОК_{об}}{\eta\mu} = \frac{2}{0{,}33 \cdot 1{,}4} = 4{,}33 \approx 4{,}5 \text{ см};$$

в) при транспортировании сухой смеси с первого завода все ее компоненты дозируются так, чтобы подвижность была 2 см.

Результаты определения парка машин для транспортирования бетонной смеси на строительный объект наглядно представлены в календарном плане доставки бетонной смеси (табл. 12).

Пример 2. Определение теплопотерь и температуры бетонной смеси в момент ее выгрузки.

Дано: бетонный завод выпускает разогретую до температуры +40° С бетонную смесь, которая доставляется на объект, находящийся в 15 км от завода, с помощью автосамосвалов ЗИЛ-ММЗ-555 и МАЗ-503 при температуре окружающей среды — 20° С. Скорость перевозки $v = 30$ км/ч.

Определить:

1) теплопотери бетонной смеси при ее перевозках;
2) среднюю температуру доставленной на объект смеси;
3) температуру наиболее охлажденной части смеси.

Решение.

Определяем разность температур окружающей среды и перевозимой бетонной смеси.

$$\Delta T = +40 - (-20) = 60°\text{С}.$$

Определяем время транспортирования бетонной смеси $\tau$

$$\tau = \frac{15}{30} = 0{,}5 \text{ ч} = 30 \text{ мин}.$$

Определяем по графику среднюю и максимальную теплопотери бетонной смеси при $\Delta T = 60°$ С и $\tau = 30$ мин при транспортировании

ЗИЛ-ММЗ-555 средняя 5,4°, максимальная 10,8°
МАЗ-503 » 4,4°, » 8,8°

Таблица 12

## Календарный план доставки бетонной смеси

(форма)

| Номер и адрес завода — поставщика бетонной смеси | Мощность завода, м³/смену | Расстояния перевозок (км) по дорогам с покрытием | | | Характеристика бетонной смеси на заводе | | Этапы бетонирования | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | I | | II | | | III | |
| | | | | | объекте | | темп бетонирования, м³/смену | | | | | | |
| | | | | | | | 192 | | 384 | | | 273 | |
| | | | | | | | объем бетонной смеси, доставляемой в смену по месяцам, м³ | | | | | | |
| | | твердое | мягкое | всего | прочность, кг/см² | подвижность, см | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| Завод № 1 | 192 | 5 | — | 5 | 200/200 | 2,5/2 | — | 192 | — | — | 192 | — | 192 |
| | | | | | | | × | — | × | — | — | × | — |
| | | | | | | | Доставка самосвалом МАЗ-503 | | | | | | |
| Завод № 2 | 162 | 27 | 1 | 28 | 200/200 | 4,5/2 | — | — | — | — | 162 | — | 81 |
| | | | | | | | — | — | ×××× | — | — | ××× | — |
| | | | | | | | | | Доставка бетоновозом на базе МАЗ-503 | | | | |
| Завод № 3 | 200 | 45 | — | 45 | 200/200 | сух./2 | — | — | — | — | 30 | — | — |
| | | | | | | | — | — | ×× | — | — | — | — |
| | | | | | | | | | Доставка бетоно-смесителем С-1036 | | | | |

Примечание. Количество автомашин определенного типа, осуществляющих поставки бетонной смеси на данном этапе с одного завода : 5 — ×; 6 — ××; 7 — ×××; 13 — ××××.

Определяем среднюю температуру доставленной на объект смеси и температуру наиболее охлажденной ее части при транспортировании в автосамосвалах соответственно:

а) ЗИЛ-ММЗ-555

средняя = 40—5,4 = 34,6° С; наиболее охлажденная 40—1,08 = 29,2° С.

б) МАЗ-503

средняя = 40—4,4 = 35,6° С; наиболее охлажденная 40—8,8 = 31,2° С.

# 5. УКЛАДКА БЕТОННОЙ СМЕСИ

## Общие положения

**5.1.** Укладка бетонной смеси включает следующие процессы: подачу бетонной смеси в бетонируемую конструкцию, распределение (разравнивание) и уплотнение ее.

**5.2.** Перед началом бетонирования должны быть определены:

способы подачи, распределения и уплотнения бетонной смеси;

состав бетонной смеси и показатели ее подвижности;

толщина и направление укладываемых слоев;

допустимая продолжительность перекрытия слоев;

необходимая интенсивность подачи бетонной смеси с проверкой обеспеченности ее поставки бетонными заводами и транспортными средствами;

потребность в механизмах и рабочих для подачи, распределения и уплотнения бетонной смеси, а также для производства необходимых подсобных работ в процессе бетонирования

**5.3.** Перед укладкой бетонной смеси следует проверить и принять:

все конструктивные элементы и работы, которые закрываются в процессе укладки бетонной смеси (подготовка оснований гидроизоляции, армирование, закладные детали и т. п.);

правильность установки и надлежащее закрепление опалубки и поддерживающих ее конструкций;

готовность к работе всех средств механизации укладки бетонной смеси.

**5.4.** Непосредственно перед укладкой бетонной смеси опалубка должна быть очищена от мусора и грязи, а арматура от отслаивающейся ржавчины. Щели в деревянной опалубке должны быть заделаны. Поверхность оборачиваемой деревянной, фанерной и металлической опалубки следует покрыть смазкой, которая не должна ухудшать прочностных качеств железобетонных конструкций и оставлять следов на их поверхности, ухудшающих внешний вид.

Поверхность бетонной, железобетонной и армоцементной опалубки-облицовки рекомендуется смачивать, чтобы избегать потери влаги в укладываемой бетонной смеси и ухудшения условий твердения и набора прочности в слоях, прилегающих к облицовке.

**5.5.** Бетонная смесь укладывается на основание, подготовленное в соответствии с нижеследующими рекомендациями:

при подготовке грунтовых оснований с него удаляются все илистые, растительные, торфянистые и прочие грунты органического происхождения. Естественное и искусственное основание (насыпное грунтовое, дренажи, фильтры и др.) из нескальных грунтов должно сохранять физико-механические свойства, предусмотренные проектом;

переборы грунта ниже проектной отметки следует заполнить песком с тщательным уплотнением;

основания, подвергающиеся угрозе затопления грунтовыми и поверхностными водами, рекомендуется защищать водопонижающими или перехватывающими устройствами, выполняемыми по специальному проекту;

при подготовке скального основания с него необходимо удалить все продукты выветривания — легко откалывающиеся плитки, рыхлую скалу, части скалы, которые при простукивании ломом издают глухой звук, а площадь такой скалы превышает 25% основания;

трещины небольшого размера (до 10 мм) до укладки бетона должны быть заделаны цементным раствором, трещины более 10 мм заделываются бетоном;

при наличии ключей грунтовых вод из трещин их необходимо каптировать и отвести за пределы бетонируемой конструкции; при каптировании рекомендуется пользоваться быстросхватывающимися цементами или смесями их с жидким стеклом, алюминатом натрия и т. п.;

перед укладкой бетона основание следует очистить от мусора, грязи, битума, масел, снега и льда, промыть и удалить воду, оставшуюся на поверхности;

при подготовке бетонных оснований и рабочих швов горизонтальные и наклонные поверхности их следует очистить от цементной пленки, вертикальные поверхности очищаются при наличии соответствующих требований в проекте;

наиболее целесообразно удалять цементную пленку сразу после окончания схватывания цемента (в жаркую погоду через 6—8 ч после окончания укладки, в прохладную — через 12—24 ч);

очистка бетонных поверхностей от цементной пленки должна производиться без повреждения поверхности бетона, для чего прочность бетона должна быть в пределах:

а) при обработке водяной или водовоздушной струей 2—3 кгс/см$^2$;

б) при обработке механической металлической щеткой 15—25 кгс/см$^2$;

в) при обработке с помощью гидропескоструйной установки или механической шарошки 50—100 кг/см$^2$.

Для удаления цементной пленки с поверхности бетона не следует пользоваться ударными инструментами (отбойными молотками, бетоноломами, бучардами на базе перфораторов и др.), так как их применение ослабляет нижележащие слои бетона и ухудшает качество контакта между слоями бетона.

Примечание. Очистка водой поверхности ограждающих конструкций из легкого бетона не допускается.

**5.6.** Подготовленные к укладке бетонной смеси поверхности затвердевших рабочих швов рекомендуется покрывать непосредственно перед бетонированием цементным раствором толщиной 20—50 мм или слоем пластичной бетонной смеси.

Состав раствора или бетона, укладываемого в контактный слой, следует подбирать так, чтобы прочность его была не ниже прочности бетона конструкции.

В особо ответственных случаях рекомендуется применение коллоидного цементного клея с водоцементным отношением до 0,35, наносимого на затвердевший рабочий шов слоем толщиной не более 5 мм перед продолжением бетонирования.

**5.7.** При укладке бетонной смеси надо непрерывно наблюдать за состоянием опалубки, лесов. При появлении деформации или смеще-

ния отдельных элементов опалубки, лесов и креплений следует немедленно их устранить и в случае необходимости прекратить работы на этом участке.

**5.8.** Во время дождя бетонируемый участок должен быть защищен от попадания воды в бетонную смесь; случайно размытый бетон следует удалить.

**5.9.** Бетонирование конструкции должно сопровождаться соответствующими записями в журнале бетонных работ:

дата начала и окончания бетонирования (по конструкциям, блоками, участками и т. п.);

заданные марки бетона, рабочие составы бетонной смеси и показатели ее подвижности (жесткости);

объемы выполненных бетонных работ по отдельным частям сооружения;

дата изготовления контрольных образцов бетона, их количество, маркировка (с указанием места конструкций, откуда взята бетонная смесь), сроки и результаты испытания образцов;

температура наружного воздуха во время бетонирования;

температура бетонной смеси при укладке (в зимних условиях), а также при бетонировании массивных конструкций. Форма журнала и порядок его заполнения могут уточняться применительно к местным условиям.

## Подача и распределение бетонной смеси

**5.10.** При подаче бетонной смеси следует стремиться к тому, чтобы она подавалась на любой участок бетонируемой конструкции и затраты труда при разравнивании смеси были бы минимальными.

**5.11.** Метод подачи бетонной смеси в конструкцию для конкретных условий определяется проектом производства работ.

Выбор оптимального варианта определяется по следующим показателям: количеству бетона, укладываемого в смену или сутки, затратам труда и стоимости подачи.

**5.12.** При любом виде подачи бетонной смеси в конструкцию высота свободного сбрасывания не должна превышать 2 м, а при подаче на перекрытие — 1 м.

**5.13.** Для подачи бетонной смеси применяются бадьи и ковши в сочетании с различными кранами, ленточные транспортеры и бетоноукладчики, бетононасосы и пневмонагнетатели, виброхоботы, виброжелоба и т. п.

## Подача бетонной смеси кранами в бадьях

**5.14.** По конструкции и принципу действия бадьи бывают поворотные (туфельки) и неповоротные.

Поворотные бадьи (рис. 11) загружаются бетонной смесью на строительной площадке из автотранспортных средств, после чего краном устанавливаются в вертикальное положение, подаются к бетонируемой конструкции и разгружаются.

Неповоротные бадьи (рис. 12) загружаются как на бетоносмесительных узлах, так и на строительной площадке с помощью перегрузочных устройств, автобетоновозов, автобетоносмесителей и других средств, обеспечивающих достаточную высоту разгрузки.

5.15. При выборе бадьи необходимо иметь в виду, что она должна обеспечивать:

приемку бетонной смеси из автосамосвалов (поворотные бадьи), перегрузочных устройств, автобетоновозов, автобетоносмесителей, стационарных и передвижных бетоносмесительных устройств (неповоротные бадьи);

непрерывную и порционную выгрузку бетонной смеси до полного опорожнения бадьи;

возможность транспортирования с помощью кранов;

герметичность, исключение потерь цементного молока.

5.16. Бадьи с челюстными и секторными затворами предпочтительней, так как эти затворы более просты по конструкции, надежны и обеспечивают быстрое открывание и закрывание (четкость отсечки).

Затворы должны иметь устройства, гарантирующие от их самооткрывания.

5.17. Внутренняя поверхность стенок бадьи должна быть гладкой и ровной, без выступающих частей, сварные швы должны быть зачищены.

5.18. Такелажное оборудование и бадьи до начала бетонных работ должны быть испытаны в соответствии с правилами Госгортехнадзора.

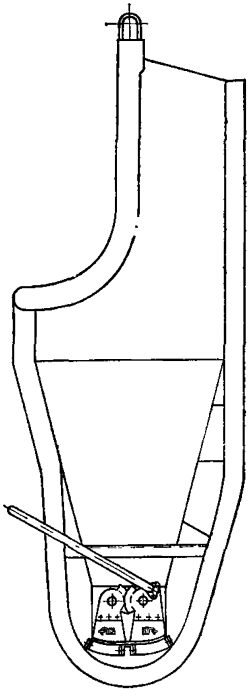


Рис. 11. Поворотная бадья

5.19. Бадья должна иметь маркировку и надпись, указывающую ее номинальную и максимальную допустимую емкость или грузоподъемность по бетонной смеси.

5.20. Для бетонирования немассивных конструкций (отдельно стоящих фундаментов небольших объемов, обычных колонн; балок ригелей, перекрытий, покрытий, тонких стен и т. п.) рекомен-

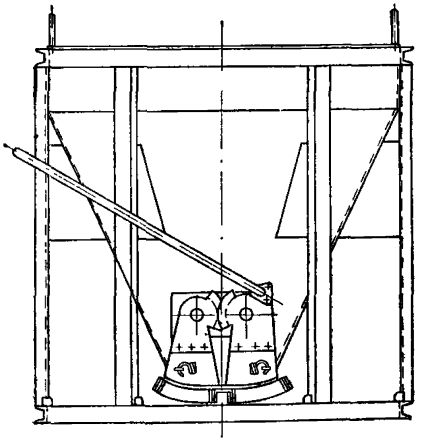


Рис. 12. Неповоротная бадья

дуется применять бадьи емкостью 0,5—1 м³ и для стеновых конструкций преимущественно с боковой разгрузкой (рис. 13):

для конструкций средней массивности (фундаментов под здания и сооружения средних объемов, мощных каркасов, подпорных стен и т. п. рекомендуется применять бадьи емкостью 1—2 м³;

для массивных конструкций (фундаментов под домны, прокатные станы, дымовые трубы, блоки гидротехнических сооружений и т. п.) рекомендуется применять бадьи емкостью от 2 м³ и выше.

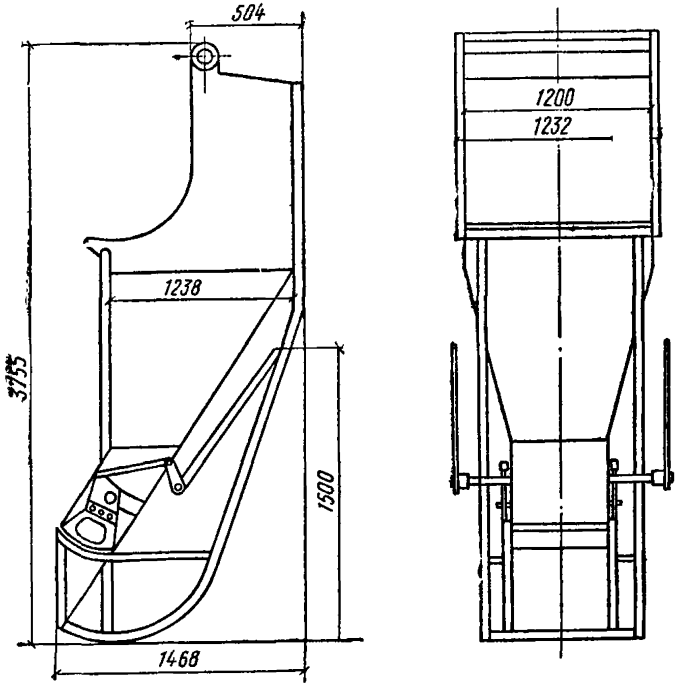



**Рис. 13. Бадья с боковой выгрузкой бетонной смеси**

Технические характеристики рекомендуемых бадей приведены в приложении V табл. 1.

5.21. После каждой разгрузки бадья должна быть очищена от остатков бетонной смеси на месте выгрузки.

Периодически не реже 2 раз в смену и при перерывах в работе более чем на 1 ч бадья должна быть очищена и промыта вне места укладки бетонной смеси.

5.22. Для подачи бетонной смеси по схеме «кран — бадья» применяются краны стреловые, автомобильные, гусеничные, башенные, портально-стреловые, мостовые и др.

5.23. При выборе кранов рекомендуется руководствоваться следующим.

Автомобильные краны имеют, как правило, большую мобильность при сравнительно небольшой грузоподъемности и малом выле-

те стрелы. Эти краны рекомендуются для применения на небольших рассредоточенных бетонных и железобетонных работах при строительстве одноэтажных промышленных зданий для химии, машиностроения, сельского хозяйства и др.

Стреловые краны на гусеничном ходу могут быть использованы для подачи бетонной смеси на объектах любой конфигурации с шириной до 30 м и высотой до 20 м. К достоинствам этих кранов относится маневренность и высокая проходимость. Краны могут работать как с подошвы котлована, так и с его бровки. Значительное применение эти краны находят на объектах строительства черной металлургии в гидротехническом строительстве и др.

Башенные краны грузоподъемностью от 3 до 8 т применяются для подачи бетонной смеси при возведении многоэтажных жилищно-гражданских и промышленных зданий, а также высоких сооружений (башен, силосов и т. п.).

Башенные и портально-стреловые краны грузоподъемностью от 5 до 25 т применяются для подачи бетонной смеси, главным образом в гидротехническом строительстве, если параметры гусенично-стреловых или более легких башенных кранов не позволяют в достаточной степени охватить бетонируемое сооружение по высоте и ширине или не обеспечивают необходимых темпов укладки бетонной смеси.

Мостовые краны могут применяться для бетонирования фундаментов под оборудование, находящееся внутри здания, несущие конструкции и покрытие которого возведены, а мостовой эксплуатационный кран к началу бетонирования смонтирован.

Подача бетонной смеси мостовым краном с соответствующей бадьей является более производительной, а трудоемкость и себестоимость более низкой, чем при подаче стреловыми кранами.

При выборе типа крана рекомендуется также учитывать, что выбранный кран в случае необходимости должен выполнять работы по подаче и установке опалубки и арматуры.

**5.24.** Для повышения производительности кранов, занятых на укладке бетонной смеси, следует совмещать операцию опускания — подъема бадьи с ее горизонтальным перемещением.

## Подача бетонной смеси ленточными конвейерами

**5.25.** Для подачи и распределения бетонной смеси наиболее часто применяются следующие виды ленточных конвейеров:

переставные;

установленные на самоходной или прицепной базе — ленточные бетоноукладчики.

**5.26.** Ленточные бетоноукладчики применяются двух типов: со стационарной стрелой и подвижной (например, телескопической).

Бетоноукладчики с телескопической стрелой (рис. 14) являются наиболее совершенными, так как наличие телескопической стрелы позволяет механизировать процесс распределения бетонной смеси в бетонируемой конструкции. Так, например, бетоноукладчиком ЦНИИОМТП с одной позиции можно подавать и распределять бетонную смесь в радиусе от 3 до 20 м от оси вращения стрелы с поворотом ее на 360°.

Бетоноукладчики со стационарной стрелой (рис. 15) обеспечивают, как и бетоноукладчики с телескопической стрелой, приемку бетонной смеси из автосамосвала и подачу ее к месту укладки. Рас-

пределение смеси этим типом бетоноукладчика с одной позиции производится только поворотом стрелы или с помощью хобота, навешиваемого на конец стрелы и допускающего его оттяжку. Распределение бетонной смеси стационарной стрелой, на большой площади может быть выполнено только маневрированием машины, что неудобно выполнять в стесненных условиях строительной площадки.

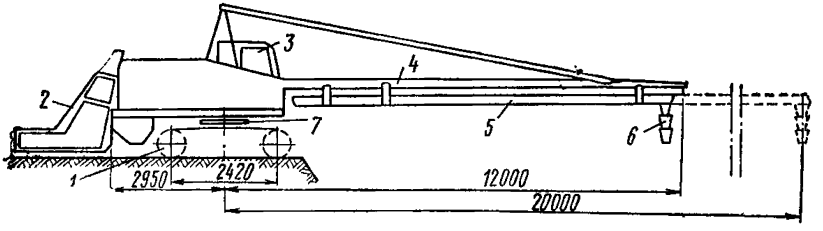



**Рис. 14. Самоходный ленточный бетоноукладчик ЛБУ-20**

*1* — гусеничная база; *2* — перегрузочный бункер; *3* — кабина; *4* — станционарная стрела ленточного конвейера; *5* — подвижная стрела ленточного конвейера; *6* — хобот; *7* — поворотная платформа

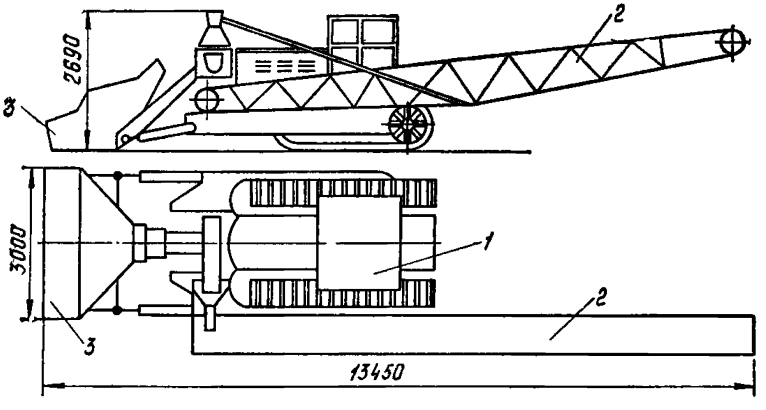



**Рис. 15. Самоходный ленточный бетоноукладчик БашНИИСтроя**

*1* — трактор; *2* — ленточный конвейер; *3* — перегрузочный бункер

**5.27.** Переставные ленточные конвейеры предназначаются в основном для бетонирования монолитных конструкций с небольшими размерами в плане (точечные конструкции).

Ленточные бетоноукладчики предназначены для бетонирования значительных по объему фундаментов и массивов с большими размерами в плане. Применение их вместо самоходных или башенных кранов рентабельно при интенсивности бетонирования не менее 20 м$^3$ в смену. Технические характеристики переставных ленточных конвейеров и бетоноукладчиков приведены в табл. 2 и 3 приложения V.

Таблица 13

**Угол наклона ленты транспортера при подаче бетонной смеси**

| Осадка конуса, см | Наибольший угол наклона ленты транспортера, град | |
|---|---|---|
| | при подъеме | при спуске |
| До 4 | 18 | 12 |
| 4—6 | 15 | 10 |

5.28. Подача бетонной смеси ленточными конвейерами должна быть организована таким образом, чтобы исключить расслаивание бетонной смеси и потери ее составляющих. Для этого необходимо соблюдать следующие правила:

подвижность бетонных смесей, характеризуемая осадкой конуса, не должна превышать 6 см,

лента транспортера должна иметь наружную резиновую обкладку;

угол наклона ленты транспортера не должен превышать значений, указанных в табл. 13;

верхняя рабочая ветвь ленты должна иметь в поперечном сечении лотковое очертание. Угол наклона лотка ленты к горизонту должен быть не менее 20°. Применение плоских лент может быть допущено на распределительных конвейерах длиной не более 5 м;

скорость движения ленты конвейера не должна превышать 1 м/с;

загрузка транспортерной ленты производится из емкостей через питатели автобетоносмесителей, снабженных лотками и другими устройствами, обеспечивающими равномерное и непрерывное поступление бетонной смеси на ленту слоем толщиной, близкой к предельно допускаемой конструкцией конвейера;

барабаны конвейера должны быть оборудованы устройствами, обеспечивающими очистку ленты с полным удалением цементного раствора и возвращением его в состав подаваемой бетонной смеси.

5.29. При подаче бетонной смеси конвейером в конструкцию должно быть обеспечено падение бетонной смеси по вертикали (рис. 16).

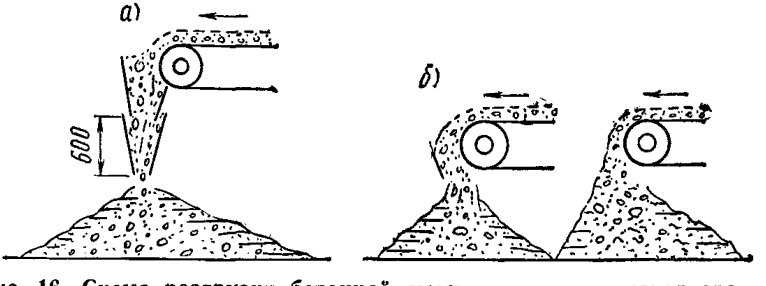



**Рис. 16. Схема разгрузки бетонной смеси с конца транспортера**

*а* — правильно; *б* — неправильно

Показанное на рисунке устройство предотвращает расслоение бетонной смеси. Необходимая минимальная высота воронки 0,6 м.

Для уменьшения износа приемных стальных воронок хоботов рекомендуется в местах удара струи бетонной смеси поверхность воронок футеровать резиной.

## Подача бетонной смеси вибрационными конвейерами

**5.30.** Вибрационный конвейер состоит из вибропитателя и вибролотков и применяется для подачи бетонной смеси в конструкцию на расстояние не более 20 м с уклоном к горизонту от 5 до 20°.

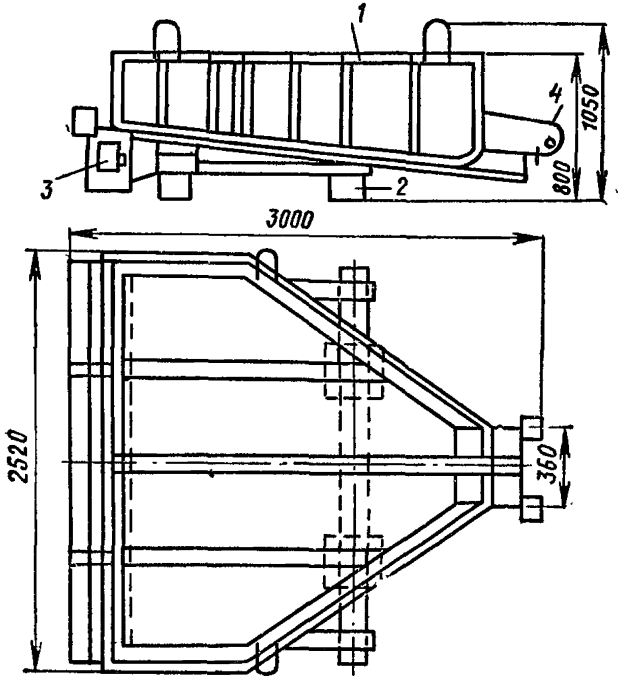



**Рис. 17. Вибропитатель**

*1* — лоток; *2* — салазки; *3* — вибратор; *4* — секторный затвор

**5.31.** Вибропитатель (рис. 17) представляет собой лоток с широкой приемной частью и узкой разгрузочной. Выходное отверстие вибропитателя может быть оборудовано секторным затвором с регулируемым выпуском бетонной смеси.

Направленная вибрация лотка создается установленными на нем вибраторами.

Для передвижения по горизонтали вибропитатель снабжен салазками.

Вибропитатель может быть использован для приема бетонной смеси из автотранспортных средств и подачи в бетонируемую конструкцию, а также для питания других подающих бетонную смесь средств.

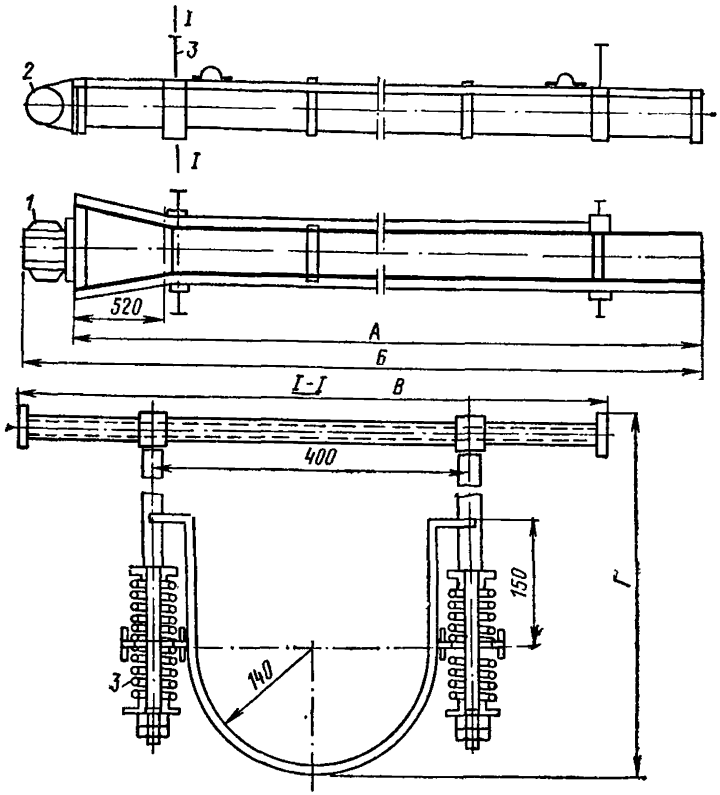



**Рис. 18. Вибролоток**

*1, 2* — вибратор; *3* — подвески с наружными амортизаторами

5.32. Вибролоток (рис. 18) представляет собой корытообразную конструкцию из листовой стали. Колебания лотка создаются с помощью установленного на нем вибратора. В зависимости от направления различают вибролотки с круговыми и направленными колебаниями. В первом случае вибратор устанавливается в верхней части лотка на расстояние $^1/_3$ длины от конца, во втором — в торцевой части лотка.

Вибролотки устанавливаются на опорные конструкции посредством подвесок с пружинными аммортизаторами.

Таблица 14

**Производительность вибролотков**

| Угол наклона вибролотка к горизонту град. | Производительность вибролотка ($м^3/ч$) при подвижности бетонной смеси, см | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 14 | 17 |
| 10 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 21 | 27 |
| 15 | 8 | 10 | 13 | 16 | 19 | 23 | 33 | 43 |

Техническая характеристика рекомендуемых вибропитателей и вибролотков приведена в приложении V.

5.33. Малоподвижные и подвижные бетонные смеси эффективно подаются по вибролоткам, оборудованным вибраторами, создающими продольные и круговые колебания желоба с частотой 2800—3000 кол/мин вниз под углом 5—20° к горизонту.

Наибольшая скорость движения бетонной смеси в лотке достигается при высоте ее слоя 20—23 см. Оптимальным является полукруглое сечение лотка.

При указанных в приложении V технологических параметрах производительность вибролотков зависит от угла наклона и подвижности бетонной смеси.

5.34. Ориентировочно производительность вибролотков может быть принята по данным, приведенным в табл. 14.

## Подача бетонной смеси по хоботам

5.35. Подачу бетонной смеси с высоты от 2 до 10 м следует производить с применением инвентарных металлических (или резиновых) хоботов (рис. 19), по которым бетонная смесь падает вертикально, заполняя сечение трубы.

Инвентарные хоботы собираются из конусных звеньев длиной 600—1000 мм. Внутренний диаметр хобота должен в 3—4 раза превышать наибольшую крупность щебня (гравия).

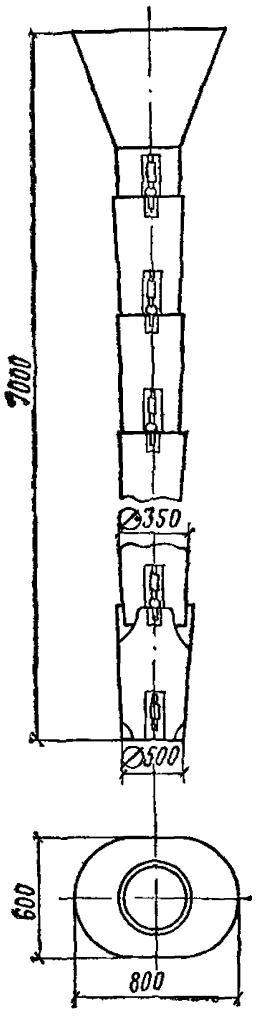
5.36. Для подачи бетонной смеси на глубину от 10 до 80 м применяются виброхоботы (рис. 20).

Виброхоботы собираются из цилиндрических звеньев длиной 1000—1500 мм с раструбным соединением. Хоботы снабжаются вибраторами-побудителями, устанавливаемыми через 2—4 секции, а также промежуточными и концевыми гасителями, назначение которых снижать скорость потока бетонной смеси. Промежуточные гасители располагаются с шагом 10—11 м. Технические характеристики хобота и виброхоботов приведены в приложении V.

5.37. Верхнее звено хобота или виброхобота подвешивается к воронке, верхний диаметр которой примерно в 1,5 раза больше нижнего, соответствующего диаметру хобота. Воронка снабжается решеткой для предотвращения попадания крупных камней.

5.38. Хоботы, как правило, устанавливаются вертикально; допускается оттягивание хобота в сторону не более чем на 0,25 м на

**Рис. 19. Звеньевой хобот**



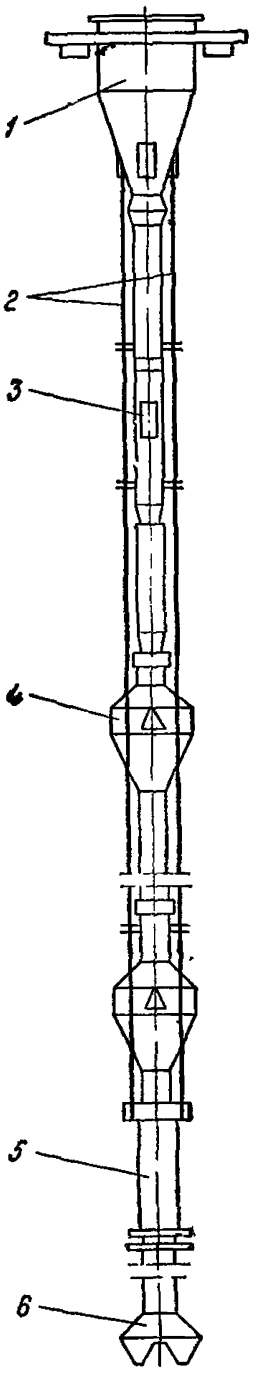




**Рис. 20. Виброхобот**

*1* — воронка; *2*—трос; *3*—вибратор; *4* — промежуточный гаситель; *5* — звено с двойными стенками; *6* — концевой гаситель

каждый метр высоты с оставлением при этом двух нижних звеньев вертикальными или с установкой нижнего звена, снабженного затвором.

**5.39.** При образовании пробки для ее ликвидации хобот необходимо выставить вертикально и включить вибраторы. Если это не помогает, то ликвидируют пробку отстукиванием тяжелым молотком.

## Подача бетонной смеси бетононасосами и пневмонагнетателями

**5.40.** Подача бетонной смеси с помощью бетононасосов и пневмонагнетателей может производиться во все виды конструкций при интенсивности бетонирования не менее 6 м³ в час, а также в стесненных условиях и в местах, недоступных другим средствам механизации.

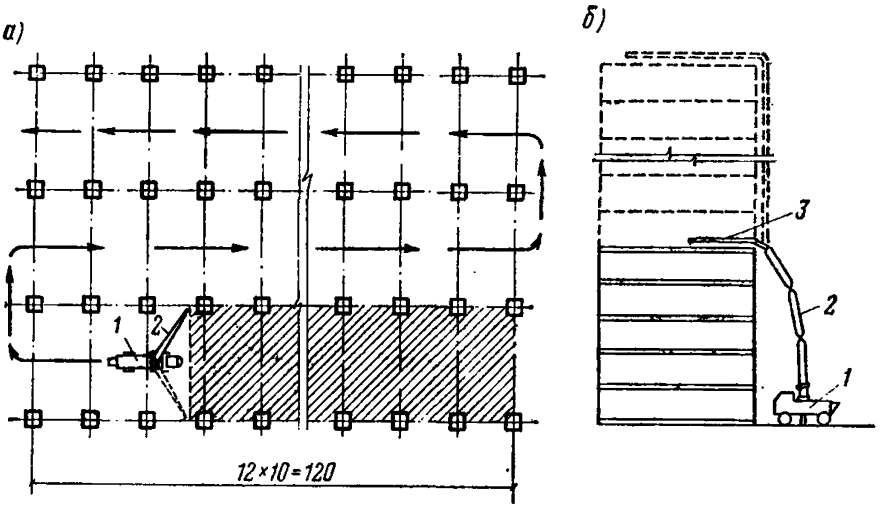



**Рис. 21. Схема бетонирования полов и перекрытий одноэтажных (*а*) и многоэтажных (*б*) зданий автобетононасосом с распределительной стрелой**

*1* — автобетононасос; *2* — распределительная стрела; *3* — гибкий шланг

Некоторые схемы бетонирования бетононасосами приведены на рис. 21, 22 и 23.

**5.41.** Для приготовления бетонных смесей, подаваемых по трубам, рекомендуется применять портланд-, шлакопортланд- и пуццолановые цементы с нормальным или замедленным сроком схватывания. Наиболее благоприятным является применение пластифицированных цементов и цементов высоких марок с более тонким помолом. В последнем случае следует учитывать возможное сокращение сроков схватывания цементного теста, влияющее в сторону увеличения на сопротивление движению бетонной смеси по бетоноводу.

**5.42.** Песок для бетонных смесей, подаваемых с помощью бетононасосов или пневмонагнетателей, должен содержать до 7% пылевидных частиц мельче 0,14 мм и 15—20% мелких частиц крупностью менее 0,3 мм. При отсутствии или недостатке в природном или дробленом песке его наиболее мелкой фракции последняя заменяется каменной мукой, которая раздельно дозируется при приготовлении бетонной смеси.

**5.43.** В качестве крупного заполнителя для бетонной смеси рекомендуется применять гравий или щебень неостроконечной формы.

Предельное количество мелких и крупных заполнителей в их общей массе должно выбираться в соответствии с данными табл. 15.

Количество зерен наибольших размеров в крупном заполнителе не должно превышать 15%, а лещадки — 5% по массе.

5.44. Соотношение между максимальным размером зерен крупного заполнителя и внутренним диаметром трубопровода должно

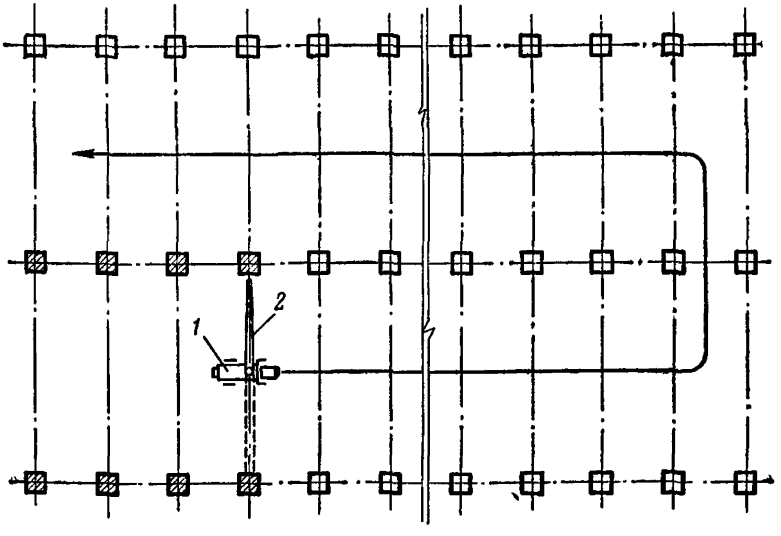



**Рис. 22. Схема бетонирования отдельно стоящих фундаментов автобетононасосом с распределительной стрелой**

*1* — автобетононасос; *2* — распределительная стрела

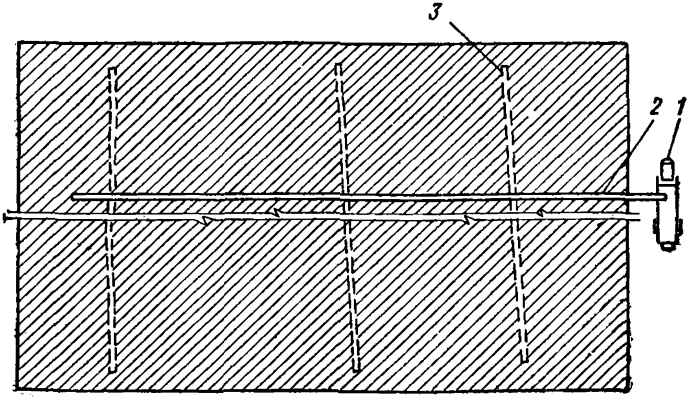



**Рис. 23. Схема бетонирования массивных конструкций стационарным бетононасосом**

*1* — стационарный бетононасос; *2* — трубопровод; *3* — гибкий шланг

Таблица 15

**Соотношение крупных и мелких заполнителей в их общей массе**

| Вид крупного заполнителя | Предельное кол-во заполнителей (%) по массе | |
|---|---|---|
| | песка | гравия или щебня |
| Гравий | 32—45 | 68—55 |
| Щебень | 40—45 | 60—55 |

быть не менее 1 : 2,5 для гравия и 1 : 3 для щебня. При использовании труб диаметром менее 100 мм их следует применять на основании результатов опытной прокачки, так как при этом резко сокращается дальность подачи бетонной смеси из-за возрастания сопротивления перекачиванию последней при значительном увеличении скорости ее движения в трубе.

5.45. Бетонные смеси, предназначенные для перекачивания по трубам, должны обладать повышенной связностью и удобоперекачиваемостью *, поэтому не рекомендуется применение пластичных бетонных смесей с $В/Ц = 0{,}75$ и выше. Оптимальное водоцементное отношение в бетонной смеси с точки зрения ее перекачиваемости находится в пределах 0,4—0,65. Пригодными для перекачивания считаются смеси с осадкой конуса не менее 4 см для бетононасосов с гидравлическим приводом и 8 см — для бетононасосов с механическим приводом.

Следует иметь в виду, что смеси, подаваемые по трубам, всегда являются удобоукладываемыми.

5.46. Подбор оптимального состава бетонной смеси, подаваемой по трубам, должен осуществляться лабораторией строительства. Для определения оптимального состава задаются несколькими соотношениями между мелким и крупным заполнителем, при которых изготовляется бетонная смесь с минимальным расходом цемента и осадкой конуса. Затем путем постепенного добавления цементного теста проверяется каждый раз удобоперекачиваемость. Добавление отдельно цемента и воды также допускается при условии сохранения постоянства водоцементного отношения. За оптимальный состав принимается тот, который позволяет получить удобоперекачиваемую бетонную смесь и требуемую марку бетона при минимальном расходе цемента.

Ориентировочная оценка удобоперекачиваемости бетонной смеси может осуществляться по весовому содержанию в ней цемента и пылевидных частиц песка размером до 0,14 мм, от содержания которых в значительной степени зависит связность и пластичность смеси. При использовании в качестве крупного заполнителя гравия суммарная масса цемента и пылевидных частиц в 1 м$^3$ бетонной смеси

---

* Удобоперекачиваемостью называется способность вязкопластичной бетонной смеси передвигаться по трубопроводу под действием давления, создаваемого поршнем бетононасоса или сжатым воздухом в пневмонагнетателе, на предельные расстояния без изменения однородности ее структуры.

должна быть в пределах 330—380 кг. При использовании щебня — соответственно 380—430 кг.

**5.47.** Краткая техническая характеристика по принципу действия основных типов бетононасосов и пневмонагнетателей, выпускаемых в настоящее время промышленностью или находящихся на опытно-производственной проверке в строительных организациях, приведена в табл. 6, 7 и 8 приложения V. Основные варианты исполнения

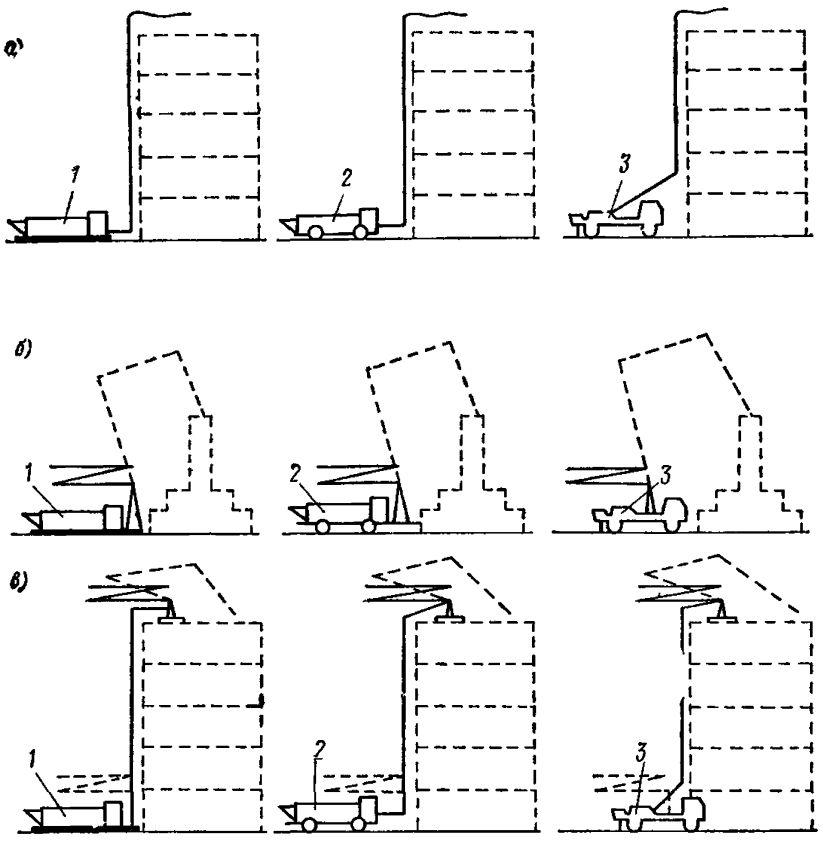



**Рис. 24. Основные типы исполнения бетононасосных установок**

*а* — без стрелы; *б* — со стрелой; *в* — выносной стрелой; *1* — стационарные; *2* — прицепные; *3* — самоходные

насосных установок и их назначение приведены в табл. 16, а схемы — на рис. 24.

**5.48.** При выборе насосного оборудования с точки зрения технологических требований и требований эксплуатации следует отдавать предпочтение установкам, имеющим наименьшее число ходов поршня в минуту, регулируемую производительность, возможность реверсирования при прочих равных условиях.

**5.49.** Перед подачей бетонной смеси с помощью бетононасосов и пневмонагнетателей рекомендуется:

Таблица 16

**Варианты исполнения и назначения бетононасосных и пневмонагнетательных установок**

| Тип установок | Назначение |
|---|---|
| Установка бетононасосная стационарная производительностью до 20 м³/ч | Строительство зданий и сооружений, ведущихся с интенсивностью потока бетонной смеси до 10 м³/ч и при длительных сроках строительства |
| То же, производительностью до 60 м³/ч | То же, при интенсивности бетонирования до 30 м³/ч |
| Установка бетононасосная прицепная производительностью до 30 м³/ч | Строительство зданий и сооружений, ведущееся с интенсивностью бетонирования до 20 м³/ч при необходимости частых перестановок установки по площадке |
| То же, производительностью свыше 30 м³/ч | То же, при интенсивности бетонирования свыше 20 м³/ч |
| Установка бетононасосная прицепная с распределительной стрелой, производительностью свыше 30 м³/ч | Строительство зданий и сооружений с необходимостью частых перебазировок установки и трубопроводов при сравнительно небольшой длине трубопроводов |
| Установка бетононасосная самоходная производительностью свыше 20 м³/ч | Строительство зданий и сооружений при интенсивности потока бетонной смеси 10 м³/ч и больше при необходимости частых перебазировок установки с объекта на объект |
| Установка бетононасосная, самоходная с распределительной стрелой производительностью свыше 30 м³/ч | Строительство зданий и сооружений при интенсивности потока свыше 10—15 м³/ч бетонной смеси при необходимости частых перестановок установки и трубопроводов и перебазировок с объекта на объект |
| Пневмонагнетательные установки стационарные | Строительство зданий и сооружений, ведущееся с небольшой интенсивностью бетонного потока |
| Пневмонагнетательные установки прицепные со скиповым подъемником | То же, при необходимости перестановок в пределах одной площадки и перебазировании с объекта на объект |

проверить в бетононасосной установке с насосом, имеющим механический привод, наличие водяного нагнетательного клапана, патрубка с игольчатым клапаном, банников, пыжей, люка для отвода воды и водяного центробежного насоса высокого давления, необходимых для промывки бетоновода и для производства ремонтных работ.

Примечание. При расположении бетоновода ниже бетононасоса необходимо:

устанавливать дополнительный насос вблизи бетонируемой конструкции для откачки воды из пониженных мест;

проверить у бетононасосных установок с водогидравлическим приводом наличие воды в основном баке, масла в системе управления и его температуру, а также наличие приспособлений, необходимых для работы и промывки;

проверить у бетононасосов с маслогидравлическим приводом наличие масла и его температуру, а также наличие промывочной воды и необходимых приспособлений;

проверить у пневмонагнетателей наличие разрешения Госгортехнадзора на эксплуатацию установки, наличие и исправность контрольной аппаратуры, клапанов и воздуховодов;

провести пробный пуск установки, при котором проверяется нормальное функционирование всех систем, в том числе подвода воды, сжатого воздуха и электроэнергии;

при отсутствии постоянного источника водоснабжения необходимо создать запас воды для промывки. В случае промывки бетоновода только водой (без помощи сжатого воздуха) ориентировочный запас воды показан ниже. Кроме того, необходим дополнительный запас в 200—300 л воды для промывки бетононасоса, приемного бункера и приспособлений.

| Внутренний диаметр бетоновода, мм | Объем воды для промывки 10 м бетоновода, л |
|---|---|
| 76 | 45 |
| 82 | 51 |
| 100 | 78,5 |
| 125 | 123 |
| 150 | 177 |
| 180 | 254 |
| 205 | 330 |
| 283 | 630 |

**5.50.** Загрузку бетононасосов рекомендуется производить из автобетоносмесителя, обеспечивающего большую однородность бетонной смеси и стабильность ее свойств. Для автобетоносмесителей должен быть обеспечен удобный подъезд. При этом следует обеспечить возможность одновременной разгрузки двух автобетоносмесителей или разгрузки одного автобетоносмесителя и установки второго на запасной позиции.

**5.51.** При загрузке бетононасосов из автосамосвалов или автобетоновозов над бетононасосом должны быть устроены промежуточные бункера, по емкости равные объему бетонной смеси, перевозимой

с помощью применяемого автотранспортного средства. Бункера должны быть снабжены решетками, предотвращающими попадание в бетононасос сверхразмерных частиц заполнителя.

Для приема бетонной смеси из автосамосвала или автобетоновоза и постепенной загрузки ее в бетононасос могут быть применены также перегрузочные бункера, разработанные в ЦНИИОМТП, СКБ Мостостроя и других организациях. Указанные бункера желательно снабжать устройствами для домешивания бетонной смеси.

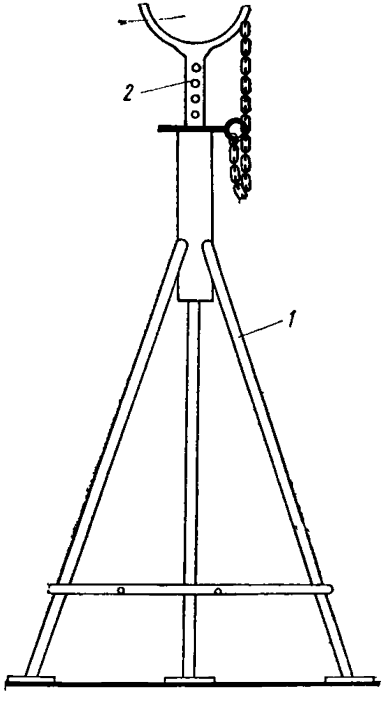



**Рис. 25. Инвентарная опора**

*1* — труба диаметром 48 мм; *2* — труба диаметром 42 мм

5.52. Основные рекомендации по применению бетоноводов заключаются в следующем:

при выборе диаметра бетоновода с учетом рекомендаций п. 5 44 следует иметь в виду, что применение труб меньшего диаметра снижает трудозатраты по их монтажу;

выбор трассы бетоновода должен осуществляться так, чтобы возникало возможно меньшее сопротивление, что достигается сокращением длины бетоновода и количества его изгибов. Особенно следует избегать применения колен с углом 90°.

Вертикальные или наклонные участки бетоновода следует располагать не ближе 7—8 м от бетононасоса:

перед переходом с горизонтального участка на вертикальный необходимо установить игольчатый клапан или шиберную задвижку для предотвращения обратного потока бетонной смеси при остановке бетононасоса (с механическим приводом), ремонте или очистке бетоновода;

при необходимости перекладок бетоноводов в процессе бетонирования место установки бетононасоса или пневмонагнетателя должно быть выбрано таким образом, чтобы обеспечить кратчайшее расстояние до места укладки наибольшего объема смеси;

для перекачивания бетонных смесей должны применяться бетоноводы из стальных труб или резинотканевых рукавов. Применение труб и шлангов из других материалов возможно после проверки их износостойкости и химической нейтральности к бетонной смеси;

горизонтальные участки бетоновода следует укладывать на инвентарных опорах (рис. 25) или подкладках.

Примечание. При установке стоек на арматуре последняя должна предохраняться от деформации и смещения. При креплении трубопровода к опалубке должны быть предусмотрены меры, пре-

Таблица 17

**Весовые характеристики бетоноводов**

| Внутренний диаметр бетоновода, мм | Труба, мм | Масса 1 м трубы, кг | Масса 1 м трубы с бетонной смесью, кг |
|---|---|---|---|
| 76 | 83×3,5 | 6,86 | 17,7 |
| 82 | 89×3,5 | 7,38 | 19,6 |
| 100 | 108×4 | 10,26 | 29,1 |
| 125 | 133×4 | 12,73 | 42 |
| 150 | 159×4,5 | 17,15 | 60 |
| 180 | 194×7 | 32,28 | 93 |
| 205 | 219×7 | 36,6 | 116 |
| 283 | 299×8 | 57,41 | 209 |

дупреждающие ее смещение от поектного положения и возникновение деформаций и щелей;

вертикальные и наклонные участки бетоноводов должны быть закреплены к мачтам, фермам, лесам опалубки, ранее забетонированным конструкциям при помощи накидных хомутов, проволочных скруток, анкеров и т. п.

В табл. 17 приведена масса 1 м бетоновода из труб различного диаметра, наполненных бетонной смесью, необходимая для определения нагрузок на поддерживающие конструкции и выбора способа закрепления.

При использовании бетононасосов с механическим приводом и пневмонагнетателей в местах поворотов бетоновод необходимо раскреплять растяжками или распорками. В этих местах закрепление вертикальных участков должно быть выполнено таким образом, чтобы нагрузка не передавалась на горизонтальные участки бетоновода;

бетоновод на горизонтальных участках монтируется по возможности с небольшим уклоном в сторону участка, предназначенного для спуска воды после промывки;

перед сборкой бетоновода его отдельные секции должны быть очищены от грязи, остатков бетона; вмятины и другие дефекты труб — устранены, проверено наличие уплотнений и надежность соединений.

5.53. Бетононасос или пневмонагнетатель с бетоноводами и вспомогательным оборудованием после монтажа должны быть проверены и опробованы.

5.54. Для предохранения перекачиваемой бетонной смеси от потерь цементного теста внутренняя поверхность бетоновода должна быть покрыта слоем смазки. Обеспечение этого может быть осуществлено одним из следующих способов:

пропуском перед началом подачи бетонной смеси порции известкового молока (рис. 26):

предварительной прокачкой специально приготовленного цементно-песчаного пускового раствора состава от 1 : 2 до 2 : 1 (для более протяженных бетоноводов следует использовать более жирные составы);

пропуском порции бетонной смеси с повышенным содержанием цемента.

Нельзя допускать перерывы в подаче бетонной смеси по трубам продолжительностью более 15—20 мин.

При нагреве бетоновода солнечными лучами или в случае применения высокомарочных цементов, а также цементов с ускоренными сроками схватывания эти перерывы должны быть сведены до минимума.

В случае вынужденных перерывов из-за несвоевременной доставки бетонной смеси в приемном бункере насоса должно оставаться 100—200 л смеси для ее периодического подкачивания в бетоновод малыми порциями. При использовании бетононасосных установок с распределительными стрелами рекомендуется периодически включать насос для работы «на себя» при сложенной стреле, что позволяет значительно увеличить допускаемые перерывы в подаче.

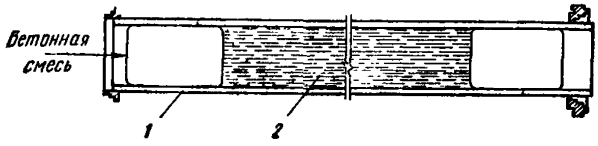



**Рис. 26. Смазка бетоновода известковым молоком**

*1* — пыж; *2* — известковое молоко

5.55. Основной причиной, нарушающей нормальную эксплуатацию бетононасосов или пневмонагнетателей, является закупорка бетоновода. Типичным признаком образования пробки в трубопроводе является повышение давления в системе, которое фиксируется по показаниям манометра установки.

При обнаружении закупорки бетононасос или пневмонагнетатель следует немедленно остановить, выяснить и устранить причину образования пробок, очистить участок системы, в котором образовалась пробка и только после этого вновь пустить установку. Попытки проталкивания пробок путем повышения давления в системе ведут к дальнейшему уплотнению бетонной смеси, увеличению участка труб со спрессовавшейся смесью и сильно усложняют очистку бетоновода.

В случае применения бетононасосов, имеющих реверсирование ходов всасывания и нагнетания, при образовании пробок может быть кратковременно изменен порядок работы — всасывание из трубопровода, а нагнетание в бункер, затем опять нормальный порядок работы. Если реверсирование не помогло ликвидировать закупорку, то удаление пробки следует вести обычным путем (см. п. 5.57).

5.56. Причинами образования пробок при эксплуатации бетононасосов или пневмонагнетателей являются:

неправильный подбор состава бетонной смеси, при котором не обеспечивается ее удобоперекачиваемость; несоответствие гранулометрического состава мелкого и крупного заполнителя в бетонной смеси требуемому; избыточное содержание химических добавок в бетонной смеси; применение быстросхватывающегося цемента;

использование частично расслоившейся, плохо перемешанной либо начавшей схватываться бетонной смеси;

недостаточное количество пусковой смеси, приводящее к отсутствию смазывающей пленки на стенках бетоновода;

превышение допустимой длины трубопровода или чрезмерное количество колен;

утечка цементного молока в местах соединения звеньев бетоновода из-за ослабления замковых соединений или повреждения уплотнений; неудовлетворительная очистка и промывка бетоновода; неправильная или тугая забивка пыжей;

образование вмятин или наплывов схватывающегося бетона на стенках бетоновода;

неправильное использование выпускных секций бетоновода, при котором бетонная смесь на участках за этими секциями в направлении ее движения оставалась продолжительное время в неподвижном состоянии;

сильный нагрев стенок бетоновода в очень жаркую погоду (при неизолированной или неокрашенной в белый цвет наружной поверхности бетоновода) и зачительные перерывы в бетонировании, при которых бетонная смесь в трубах находилась длительное время в неподвижном состоянии;

изношенность резиновой манжеты наконечника поршня, приводящая к отжатию под давлением цементного молока из бетонной смеси в рабочем цилиндре или клапанной коробке;

наличие остатков воды в изгибах или низких участках бетоновода после его промывки.

**5.57.** Обнаружить места образования пробок и устранить их можно следующим образом:

заклинивание клапана бетононасоса свидетельствует об образовании пробки в клапанной коробке. В этом случае насос немедленно останавливают, снимают первое звено бетоновода, удаляют уплотнившуюся бетонную смесь и запуском бетононасоса на 2—3 оборота коленчатого вала окончательно очищают клапанную коробку;

на образовании пробки в переходном конусе указывает внезапная остановка бетононасоса. Для очистки переходного конуса его следует снять и промыть;

снижение производительности бетононасоса до нуля с постепенным повышением давления в системе происходит при образовании затора в наиболее удаленном от бетононасоса участке бетоновода. Пробка удаляется путем отсоединения и очистки концевых звеньев бетоновода;

при просачивании цементного молока через стыки бетоновода пробка образуется в следующем по направлению движения смеси звене;

пробку можно обнаружить при наблюдении за бетоноводом при кратковременном пуске бетононасоса на медленном ходу. Бетоновод при этом слегка вздрагивает до места нахождения затора, при достаточном навыке обслуживающего персонала место образования пробки может быть установлено по звуку при простукивании бетоновода деревянным молотком. Если указанными способами не удается определить место пробки, бетоновод разбирают непосредственно за первым от бетононасоса изгибом и, включив на несколько оборотов, проверяют, проходит ли бетонная смесь. Если смесь прошла, то пробка ликвидирована или находится в другом месте. При оставшемся заторе продолжают поиски таким же образом за последующими изгибами.

**5.58.** При удалении пробки от бетонной смеси очищают не только звенья, в которых находилась пробка, но и одно-два звена, следующих за пробкой по направлению движения смеси. Отсоединен-

ные звенья следует тщательно протереть, после чего их можно ставить на место.

**5.59.** Очистку трубопровода от бетонной смеси можно производить водой или сжатым воздухом.

Воду в бетоновод нагнетают бетононасосом или отдельным насосом, развивающим давление, достаточное для приведения в движение бетонной смеси. В первом случае вода подается в бункер бетононасоса, который предварительно должен быть очищен. В механических бетононасосах над всасывающим клапаном после промывки бункера должен быть установлен водяной клапан.

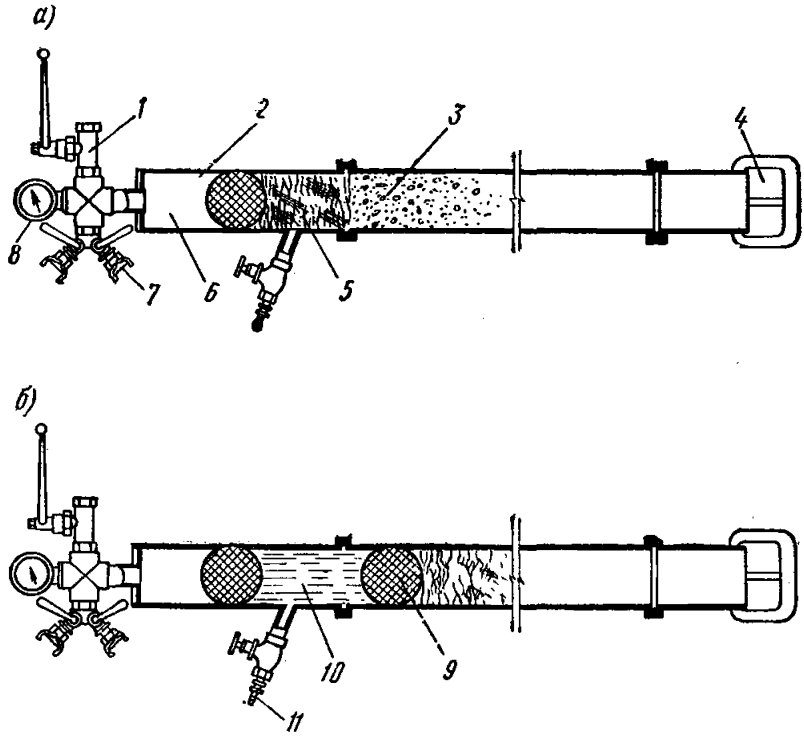



**Рис. 27. Очистка бетоновода**

*а* — сжатым воздухом; *б* — водой; *1* — кран для выпуска воздуха; *2* — промывочное звено; *3* — бетонная смесь; *4* — улавливатель пыжа; *5* — пыж из мешковины или плотной бумаги; *6* — сжатый воздух; *7* — кран для подвода сжатого воздуха; *8* — манометр; *9* — мяч из губчатой резины; *10* — вода; *11* — кран для подвода воды

При промывке бетоновода насосом после отсоединения переходного конуса или тройника и первого звена к трубопроводу следует подключить запасное звено и специальный патрубок со шлангом, входящий в комплект вспомогательного оборудования. В запасное звено предварительно нужно установить мяч из губчатой резины и пыж из влажной мешковины или плотной бумаги (рис. 27). Пыж и мяч должны плотно прилегать к внутренней поверхности труб, что позволит предотвратить проникание через них воды к бетонной смеси, расслоение последней и закупорку бетоновода.

Если в комплект вспомогательного оборудования входят банни-

ки, они устанавливаются в запасное звено бетоновода совместно с двумя пыжами (рис. 28).

Подачу воды следует прекращать при приближении пыжа к выходному концу бетоновода, что определяется по падению давления в промывочной системе. Снятые звенья очищаются вручную.

Удаление воды из бетоновода должно производиться следующим образом:

при уклоне бетоновода в сторону бетононасоса, вода сливается через звено с вентилем в любую емкость, из которой она откачивается водяным насосом;

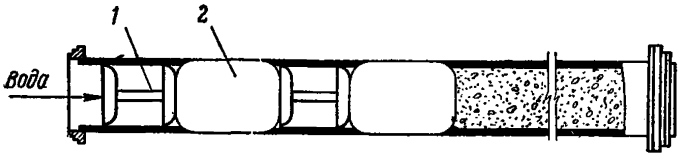



**Рис. 28. Очистка бетоновода с помощью банников**

*1* — банник; *2* — пыж

при уклоне бетоновода в обратную от бетононасоса сторону вода отводится к концу бетоновода.

При отсутствии или недостатке воды для очистки может применяться сжатый воздух от компрессора. Особенности очистки, связанные с использованием сжатого воздуха или воздуха в сочетании с водой, видны на рис. 27. Бункер и сам насос и в этом случае промываются водой.

**5.60.** При подаче бетонной смеси в жаркую погоду рекомендуются следующие меры предохранения бетонной смеси от нагрева:

покрытие бетоноводов мокрыми матами или мешковиной и периодическая поливка их;

окраска бетоноводов, бункеров, баков с водой и маслом краской светлых тонов и с высокой отражательной способностью.

При подаче бетонной смеси при отрицательных температурах необходимо:

бетононасосную установку (особенно в стационарном исполнении) разместить в утепленном помещении;

защитить от ветра и снега приемные бункера, утеплить бетоноводы;

перерывы в подаче бетонной смеси свести до минимума;

при невозможности прогреть бетоновод перед началом работы (например, острым паром) приготовить пусковой раствор с температурой до 50° С;

промывку бетоновода осуществлять теплой водой;

полностью удалять из бетоновода промывочную воду.

## Распределение бетонной смеси

**5.61.** Распределение бетонной смеси в бетонируемой конструкции производится, как правило, горизонтальными слоями одинаковой толщины, укладываемыми в одном направлении. Распределение бе-

тонной смеси и ступенчатым методом с одновременным укладыванием двух или трех слоев производится в строгом соответствии с проектом производства работ.

5.62. Выбор толщины укладываемого слоя следует увязывать со средствами уплотнения. При применении тяжелых подвесных вертикально расположенных вибраторов, толщина слоя должна быть на 5—10 см меньше длины рабочей части вибратора.

При применении вибраторов, расположенных под углом к вертикали (до 35°), толщина слоя должна быть равна вертикальной проекции длины рабочей части вибратора.

Наибольшая толщина укладываемого слоя при использовании ручных глубинных вибраторов не должна превышать 1,25 длины рабочей части вибратора

При уплотнении бетонной смеси поверхностными вибраторами толщина слоя не должна превышать в неармированных конструкциях и конструкциях с одиночной арматурой 250 мм, в конструкциях с двойной арматурой — 120 мм.

Примечания: 1. При бетонировании дорожных и аэродромных покрытий специальными машинами с мощными вибраторами толщина слоя может быть увеличена при достаточном его уплотнении до 400 мм.

2. При уплотнении наружными вибраторами толщина слоев бетонной смеси определяется опытно в зависимости от сечения конструкции, мощности вибраторов, шага их расстановки и характеристики бетонной смеси.

5.63. Если при подаче не обеспечено распределение бетонной смеси слоем требуемой толщины, то ее разравнивают малогабаритными бульдозерами или вручную.

При распределении смеси перекидывать ее во избежание расслоения допускается лишь в исключительных случаях, а двойная перекидка вообще не допускается.

5.64. Перекрытие предыдущего слоя бетонной смеси последующим должно быть выполнено до начала схватывания цемента в предыдущем слое.

Время перекрытия слоя устанавливается лабораторией и зависит от температуры наружного воздуха, свойств применяемого цемента. Ориентировочно это время равно 2 ч.

5.65. Продолжительность перерывов в бетонировании, при которых требуется устройство рабочих швов, определяется лабораторией в зависимости от вида и характеристики цемента и температуры твердения бетона. Укладка бетонной смеси после таких перерывов производится только после обработки поверхности рабочего шва в соответствии с рекомендациями, изложенными в пп. 5.5, 5.6, при условии, что прочность ранее уложенного бетона составляет не менее 15 кг/см$^2$. Срок достижения указанной прочности бетона определяется строительной лабораторией.

5.66. Распределение бетонной смеси при ее подаче по трубопроводам производится следующими способами:

при помощи поворотного стального лотка полукруглой формы (радиус 200—250 мм), изготовленного из листовой стали толщиной 0,5—0,8 мм. Длина лотка около 2 м. Бетоновод при этом должен быть уложен на высоте 1,2—1,5 м. Верхний конец лотка может быть установлен на специальной опоре или подвешен к бетоноводу посредством двух колец. Этот способ можно применять при использовании бетоноводов внутренним диаметром 125 мм и более;

с помощью кругового распределителя с двухколенным поворотным устройством;

концевым гибким резинотканевым рукавом длиной 5—12 м при перекачивании бетонной смеси по бетоноводу диаметром 76—100 мм. Для удобства работы рукав должен быть снабжен ручкой;

с помощью специальных секций бетоновода для промежуточной разгрузки. Периодичность и продолжительность использования каждой секции должны назначаться с учетом сроков схватывания бетонной смеси на отдельных участках бетоновода.

## Уплотнение бетонной смеси

**5.67.** Уплотнение бетонной смеси является основной технологической операцией при бетонировании, от качества которой в основном зависит плотность и однородность бетона, а следовательно, его прочность и долговечность.

**5.68.** Уплотнение бетонной смеси, как правило, производится вибрированием. Метод виброуплотнения заключается в передаче колебаний бетонной смеси от источника механических колебаний. Под действием вибрации происходит разжижение бетонной смеси, ее плотная укладка в опалубке конструкции и удаление содержащегося в бетонной смеси воздуха.

**5.69.** Уплотнение бетонной смеси может производиться глубинными, поверхностными или навешиваемыми на опалубку наружными вибраторами. Глубинные вибраторы погружаются вибрирующим рабочим наконечником (корпусом) в бетонную смесь и сообщают ей колебания. Поверхностные вибраторы устанавливаются на поверхности уложенной бетонной смеси и передают ей колебания через рабочую площадку.

Наружные вибраторы передают колебания бетонной смеси через опалубку.

Машиностроительной промышленностью выпускаются вибраторы электромеханические и пневматические Последние следует применять во взрывоопасных условиях (например, в шахтном строительстве), а также в тех случаях, когда отсутствует электроэнергия на строительной площадке.

**5.70.** Технические характеристики вибраторов представлены в табл. 9—15 приложения V.

### Уплотнение бетонной смеси глубинными вибраторами

**5.71.** Эффективность уплотнения бетонной смеси и производительность глубинных вибраторов определяются его радиусом действия, параметрами вибрирования (частота и амплитуда колебания) и конструктивными параметрами (диаметр и длина вибронаконечника, масса), простотой и надежностью в эксплуатации, износостойкостью.

**5.72.** Вибратор выбирается в зависимости от характера бетонируемой конструкции и ее армирования.

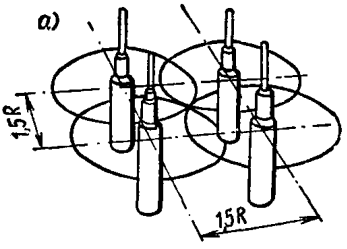
Для уплотнения бетонной смеси в массивных неармированных блоках рекомендуется применять вибратор ИВ-34. Вибратор монтируют на виброукладочных машинах и кранах.

Вибраторы ИВ-59 и ИВ-60 применяются для уплотнения бетонных смесей, укладываемых в малоармированных и неармированных конструкциях.

Вибраторы ИВ-55, ИВ-56, ИВ-27 и ИВ-67, ИВ-78, ИВ-47 и ИВ-79 применяются при укладке бетонной смеси в небольшие армированные конструкции.

Для уплотнения бетонной смеси в густоармированные тонкостенные конструкции рекомендуется применять вибраторы ИВ-75, ИВ-17 и ИВ-66.

**5.73.** При уплотнении бетонной смеси глубинными вибраторами вибронаконечник быстро опускается вертикально или немного наклонно в уплотняемый слой с захватом ранее уложенного слоя (если он еще не схватился) на глубину 5—10 см. Остается неподвижным в течение 10—15 с, а затем медленно вытаскивается из бетонной смеси со скоростью, необходимой для обеспечения заполнения бетонной смесью пространства, освобождаемого вибронаконечником, после чего вибратор переставляется на новое место.




Шаг перестановки вибратора не должен превышать 1,5 радиуса его действия (рис. 29). Радиус действия вибратора зависит от

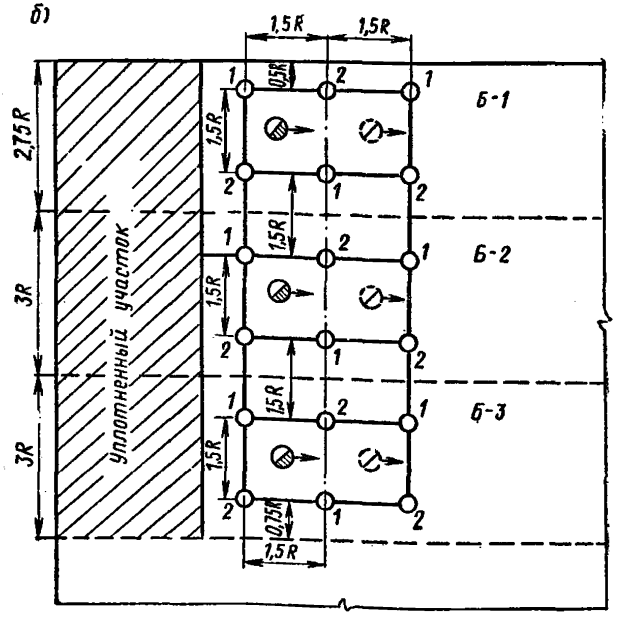



**Рис. 29. Работа с глубинными вибраторами**

*а* — схема перестановки вибраторов с одной позиции на другую; *б* — принципиальная схема расстановки и перемещения бетонщиков с вибраторами при уплотнении бетонной смеси; *R* — радиус действия вибратора; значок кружок — рабочие места; *1*, *2* — очередность вибрирования

подвижности бетонной смеси, степени армирования, формы конструкции и других условий и поэтому уточняется бетонщиком визуально.

**5.74.** Уплотнение бетонной смеси можно считать достаточным, если наблюдается прекращение оседания бетонной смеси, покрытие крупного заполнителя раствором, появление цементного молока на поверхности и в местах соприкосновения с опалубкой. Кроме того, наблюдается прекращение выделения больших пузырьков воздуха на поверхности. Чем больше толщина вибрируемого слоя, тем дольше должно быть вибрирование, так как требуется больше времени для выделения более глубокорасположенных пузырьков воздуха.

### Уплотнение бетонной смеси поверхностными вибраторами

**5.75** Поверхностное вибрирование рекомендуется применять при уплотнении бетонной смеси, укладываемой в подготовки под полы, плиты перекрытий, дорожные покрытия и тому подобные конструкции, толщина которых не превышает 25 см для неармированных конструкций или конструкций, армированных легкой сеткой.

При толщине покрытий более 25 см или при наличии арматуры уплотнение смеси следует выполнять с применением глубинных вибраторов с последующим прохождением поверхностными вибраторами для уплотнения верхних слоев, выравнивания и заглаживания поверхности.

**5.76.** Поверхностное вибрирование может производиться с помощью виброреек, вибробрусьев и поверхностных площадочных вибраторов.

При вибрировании площадка или брус поверхностного вибратора устанавливается на поверхность уплотняемой бетонной смеси и перемещается по ней по мере уплотнения бетонной смеси.

Скорость перемещения поверхностного вибратора 0,5—1 м/мин При толщине бетонируемого слоя более 5 см виброуплотнение следует вести в два-три прохода. За первый проход производится основное уплотнение бетонной смеси. За последующие проходы производится окончательное уплотнение и заглаживание поверхности бетона.

**5.77.** Рекомендуемая частота поверхностного вибрирования 2800—6000 кол/мин. Амплитуда колебаний при частоте 2800—3000 кол/мин должна составлять 0,5—0,6 мм, а при частоте 6000 кол/мин — 0,2—0,25 мм. Давление от поверхностного вибратора на бетонную смесь должно быть 40—60 гс/см$^2$ для вибраторов, подвешенных на самоходных порталах. Для ручного виброинструмента (виброреек, площадочных вибраторов), масса которых ограничивается условиями работы с ними, величина давления на бетонную смесь должна выбираться с учетом этих условий.

Передняя кромка площадки или бруса поверхностного вибратора должна иметь угол захода 3—5° по направлению движения поверхностного вибратора.

### Уплотнение бетонной смеси наружными вибраторами

**5.78.** Наружную вибрацию опалубки (формы) можно эффективно применять при бетонировании вертикальных тонкостенных монолитных конструкций балок, ригелей, стен, резервуаров и тому подобных конструкций.

Наружное вибрирование рекомендуется применять в дополнение к глубинному вибрированию в местах, насыщенных арматурой, в угловых элементах опалубки и в других случаях, когда в бетонную

смесь невозможно опустить глубинный вибратор и уплотнение вынуждены вести ручными шуровками.

Рекомендуемые режимы вибрирования: при частоте колебаний 2800—6000 кол/мин амплитуда 0,25—0,3 мм; при частоте 6000 кол/мин — 0,1—0,15 мм.

При большом насыщении арматурой бетонируемых стенок для лучшего заполнения опалубки бетонной смесью и обеспечения хорошего уплотнения необходимо дополнительное применение глубинных вибраторов.

Для обеспечения равномерной передачи колебаний шаг расстановки вибраторов по опалубке не должен превышать величины, определяемой из выражения

$$l_{\text{макс}} \leqslant 3\sqrt[4]{\frac{EJ}{\rho\omega^2}},$$

где $E$ — модуль упругости материала опалубки, кгс/см$^2$;

$J$ — момент инерции сечения элемента опалубки, см$^4$;

$\rho$ — масса 1 м длины опалубки (формы) $\frac{\text{кг}\cdot\text{с}^2}{\text{см}^2}$;

$\omega$ — частота вынужденных колебаний, с$^{-1}$.

5.79. При расчете и конструировании опалубки должны учитываться следующие дополнительные рекомендации:

кронштейны крепления вибраторов должны быть жестко связаны с каркасом опалубки (формы), а вибраторы должны быть жестко и надежно закреплены к кронштейнам;

опалубка (форма) должна выдерживать динамические нагрузки от изгибаемых колебаний, создаваемых наружными вибраторами;

для гарантирования от потерь растворной части, которые могут быть особенно значительны при наружном вибрировании, в стыках опалубки необходимо устанавливать резиновые или другие уплотняющие прокладки.

5.80. При недостаточно жесткой опалубке допускается применение одного или нескольких переставных вибраторов, прикрепляемых с помощью скоб. Такие вибраторы переставляются от скобы к скобе по мере укладки бетонной смеси. При таком методе уплотнения рекомендуется применять вибраторы с высокой частотой (6000 кол/мин и более) и амплитудой колебаний 0,1—0,15 мм.

## Бетонирование массивов и фундаментов

5.81. Массивные сооружения, как правило, бетонируются блоками. Блоки образуются путем разрезки массива сооружения поперечными, а иногда и продольными швами. Высокие массивные сооружения расчленяются по высоте на ярусы, а ярусы делятся на блоки бетонирования.

Разрезка на блоки бетонирования имеет большое значение для предотвращения трещинообразования, а также вызывается необходимостью ограничивать площадь блока в соответствии с производительностью бетоноукладочных средств и сроками схватывания цемента в бетоне.

Размеры и размещение блоков бетонирования предусматриваются проектом в зависимости от конструктивных соображений (на-

сыщенности бетона арматурой, места ее расположения и т. д.) и от производственных факторов — сроков схватывания цемента, производительности бетоноукладочных средств, конструкции опалубки и т. п.

Разрезая массивное сооружение на блоки бетонирования, следует стремиться к их укрупнению, так как это повышает монолитность сооружения, сокращает расход опалубки, создает возможность укрупнения армоконструкций, сокращает вспомогательные работы по подготовке блоков к бетонированию и увеличивает производительность укладки бетонной смеси.

5.82. Фундаменты, воспринимающие динамические нагрузки, бетонируются без перерывов (допустимый разрыв во времени между укладкой смежных слоев устанавливается лабораторией). Расположение и конструкции рабочих швов в таких фундаментах должны быть предусмотрены проектом сооружения.

Фундаменты, рассчитанные на статическую нагрузку, допускается бетонировать с перерывами. Поверхность шва схватившегося бетона обрабатывается в соответствии с рекомендациями, изложенными в пп. 5.5, 5.6.

5.83. Выбор технологии, средств механизации подачи и распределения бетонной смеси производится с учетом типа конструкции и объема сменной укладки на основании результатов технико-экономического расчета.

При бетонировании массивов и фундаментов бетонная смесь, в зависимости от типа конструкций и объема сменной укладки, подается в конструкцию:

автобетоновозами, автосамосвалами и автобетоносмесителями с эстакад (мостов) или непосредственно в конструкцию;

стреловыми кранами с бадьями, работающими со дна или с бровки котлована;

стреловыми кранами с бадьями, работающими с бетоноукладочных эстакад;

переставными ленточными или вибрационными конвейерами;

самоходными ленточными бетоноукладчиками;

бетононасосами.

5.84. Уплотнение бетонной смеси в неармированных и малоармированных массивах и фундаментах производится глубинными вибраторами ИВ-55, ИВ-56, ИВ-59, ИВ-60. При густом армировании фундаментов уплотнение бетонной смеси производится вибраторами ИВ-75, ИВ-66, ИВ-67 или другими с гибким валом (см. табл. 9, 10, приложения V).

Верхняя поверхность фундаментов выравнивается и уплотняется виброрейками или поверхностными вибраторами, а затем заглаживается правилом в уровень с верхними гранями направляющих или специальных маячных досок.

5.85. Бетонирование конструкций с подачей бетонной смеси автомобилями по эстакаде рекомендуется применять при возведении фундаментов под доменные печи и массивные фундаменты объемом выше 1000 м$^3$ бетона, а также для массивных сооружений с разрезкой, которая образует достаточно длинные непрерывные полосы бетона более или менее одинаковой ширины (например, при бетонировании днища шлюза или водоотбоя плотины). При бетонировании конструкции автотранспортными средствами с эстакад последние рекомендуется опирать на металлические или заранее заготовленные железобетонные стойки, имеющие высоту, равную высоте массива, так чтобы они могли быть оставлены в теле бетона.

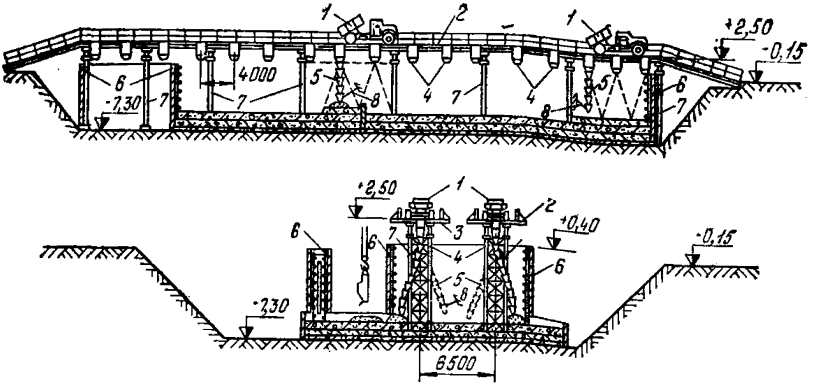



**Рис. 30. Схема бетонирования фундамента под воздухонагреватели с моста-эстакады**

*1* — автосамосвал; *2* и *3* — мосты эстакады; *4* — приемный бункер; *5* — звеньевые хоботы; *6* — опалубка; *7* — опоры моста; *8* — оттяжка

После полностью законченного монтажа всех конструкций, в том числе воронок, подвесных инвентарных хоботов, лотков и т. д., эстакада подвергается испытанию на проектную нагрузку и сдается в эксплуатацию с оформлением акта.

С автосамосвалов, автобетоновозов или автобетоносмесителей бетонная смесь выгружается в воронки бункеров или лотки, откуда через инвентарные хоботы она поступает непосредственно в бетонируемую конструкцию.

Расположение воронок бункеров или шаг перестановки передвижного бункера (если применяется последний) должно быть таким, чтобы при допустимой оттяжке хоботов обеспечивалось распределение бетонной смеси с перекрытием смежных участков.

Схема бетонирования фундамента с моста эстакады представлена на рис. 30.

**5.86.** При бетонировании массивов и фундаментов с помощью кранов могут применяться все типы, перечисленные в п. 5.23, с учетом их кратких характеристик. Краны применяются с бадьями соответствующей емкости согласно рекомендациям, изложенным в п. 5.18—5.20.

Схема бетонирования фундаментов с помощью кранов показана на рис. 31.

Технология бетонирования с помощью кранов следующая: бетонная смесь доставляется на строительную площадку в автосамосвалах и загружается в опрокидные бадьи. В случае применения неповоротных бадей бетонная смесь выгружается сначала в перегрузочные устройства (вибропитатели, установленные на эстакадах, самоподъемные перегрузочные бункера) и затем в бадьи.

Бетонная смесь в зону действия крана может доставляться и другими видами транспорта, например железнодорожными платформами и автобадьевозами. В этих случаях кран берет бадью с этих видов транспорта и подает бетонную смесь в конструкции.

**5.87.** Для бетонирования небольших по объему «точечных» фундаментов (объемом до 50 м$^3$, с небольшими размерами в плане) ре-

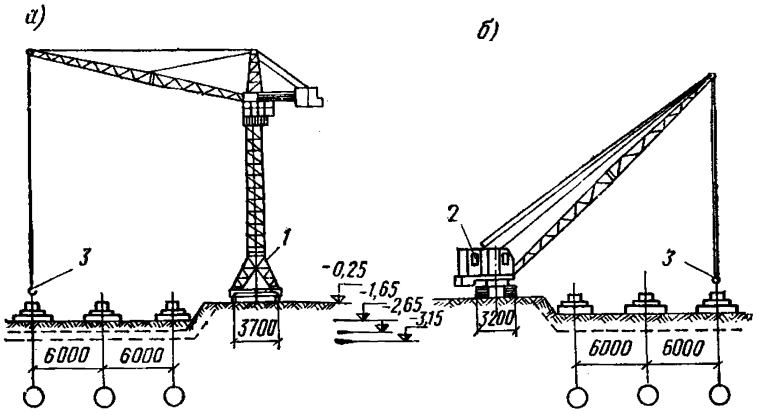



**Рис. 31. Схемы бетонирования фундаментов с помощью кранов**

*а* — башенных; *б* — самоходных стреловых; *1* — башенный кран; *2* — стреловой кран; *3* — бадья

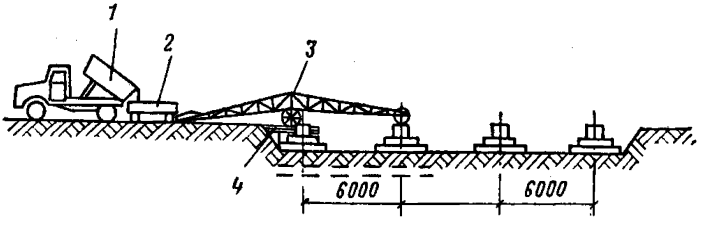



**Рис. 32. Схема бетонирования фундаментов с помощью ленточного конвейера**

*1* — автосамосвал; *2* — вибропитатель; *3* — ленточный транспортер; *4* — установочная площадка

комендуется применять переставные ленточные и вибрационные конвейеры.

Схемы бетонирования фундаментов с помощью переставных ленточных и вибрационных конвейеров представлены на рис. 32, 33. В этом случае бетонная смесь подвозится автосамосвалами и выгружается в вибропитатель. Из вибропитателя бетонная смесь непрерывно поступает на ленту переставного конвейера или в вибролоток и затем в бетонируемую конструкцию.

При комплексной механизации бетонных работ с помощью виброконвейеров в тех случаях, когда расстояние от места приемки бетонной смеси из автосамосвалов относительно велико и подача бетонной смеси производится на разных уровнях, для сокращения трудозатрат на установку и демонтаж эстакады рекомендуется применять схему, состоящую из вибропитателя, переставного ленточного конвейера и виброконвейера (рис. 34).

Демонтаж и перестановка оборудования на другую позицию производятся с помощью крана.

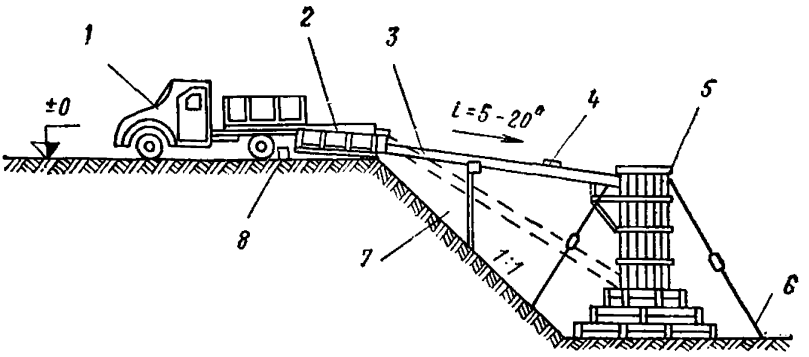



**Рис. 33. Схема бетонирования фундамента с помощью виброконвейера**

*1* — автосамосвал; *2* — вибропитатель; *3* — вибролоток; *4* — вибратор лотка; *5* — опалубка; *6* — растяжка; *7* — стойка; *8* — отбойный брус

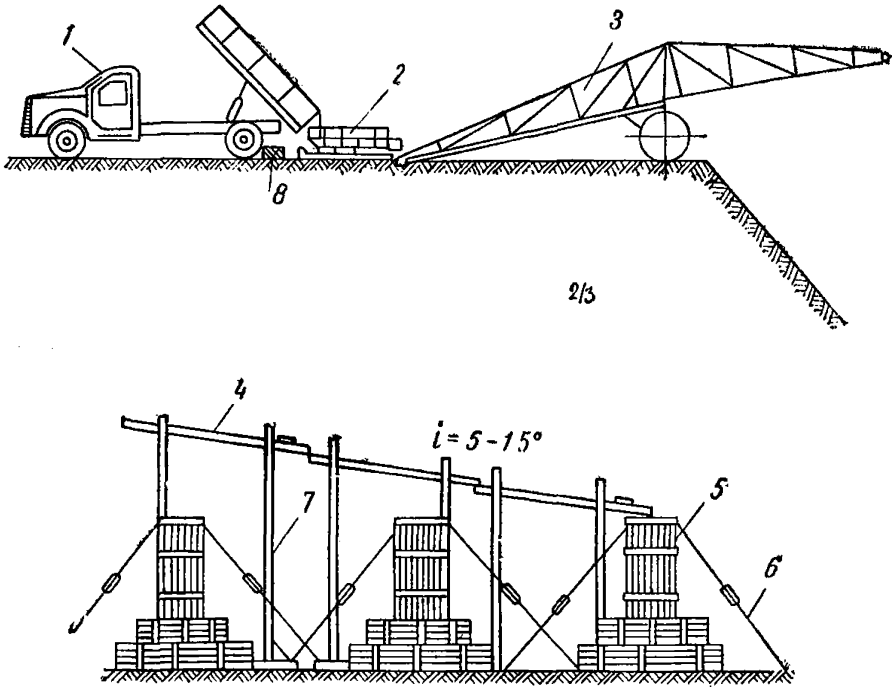



**Рис. 34. Схема бетонирования фундаментов с помощью ленточного и вибрационного конвейера**

*1* — автосамосвал; *2* — вибропитатель; *3* — ленточный конвейер; *4* — вибролоток; *5* — бетонируемые фундаменты; *6* — растяжки; *7* — инвентарные стойки; *8* — отбойный брус

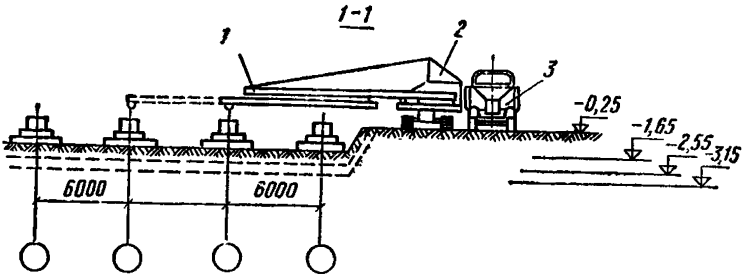



**Рис. 35. Схема бетонирования фундаментов самоходным бетоноукладчиком**

*1* — телескопическая стрела бетоноукладчика; *2* — бетоноукладчик; *3* — автосамосвал

5.88. При бетонировании фундаментов под оборудование больших габаритов в плане, а также при бетонировании отдельно стоящих фундаментов при интенсивности бетонирования свыше 5 м³/ч рекомендуется применять самоходные ленточные бетоноукладчики.

Схема бетонирования фундаментов с помощью ленточного бетоноукладчика показана на рис. 35.

При бетонировании фундаментов самоходными ленточными бетоноукладчиками со стационарной стрелой распределение бетонной смеси по площади обеспечивается перемещением машины, поворотом стрелы и подъемом ее в горизонтальной плоскости.

При бетонировании фундаментов самоходными ленточными бетоноукладчиками с телескопической стрелой распределение бетонной смеси по площади обеспечивается телескопической стрелой и поворотом ее в горизонтальной плоскости с одной рабочей позиции.

Самоходными бетоноукладчиками можно подавать бетонную смесь как с бровки котлована, так и в самом котловане. В последнем случае площадь бетонирования бетоноукладчиками с одной позиции значительно увеличивается.

## Бетонирование плоских конструкций

5.89. В этой части рассматривается укладка бетонной смеси в покрытия дорог, аэродромов, подстилающие слои полов и др.

5.90. Бетонирование плоских конструкций рекомендуется производить бетоноукладочными машинами.

В местах, недоступных для работы бетоноукладочных машин, бетонирование может быть выполнено средствами малой механизации.

Техническая характеристика бетоноукладочных машин приведена в табл. 16—17 приложения V.

5.91. Бетонирование плоских конструкций с применением комплексной механизации можно вести: бетоноукладочными машинами, перемещаемыми по рельс-формам, машинами на гусеничном ходу со скользящей формой (опалубкой) и комбинированным способом. Примерная технологическая схема бетонирования покрытия бе-

тоноукладочными машинами, передвигающимися по рельс-формам, показана на рис. 36 и 37.

**5.92.** Технология бетонирования плоских неармированных однослойных конструкций состоит из следующих операций: подготовка основания, установка рельс-форм или укладка бетонных боковых полос, установка прокладок и штырей в местах будущих швов (в соответствии с проектом); укладка бетонной смеси, включая и отделку поверхности бетона, нарезка швов до или после твердения бетона, снятие рельс-форм и уход за твердеющим бетоном.

При армированных покрытиях добавляется операция по установке арматуры.

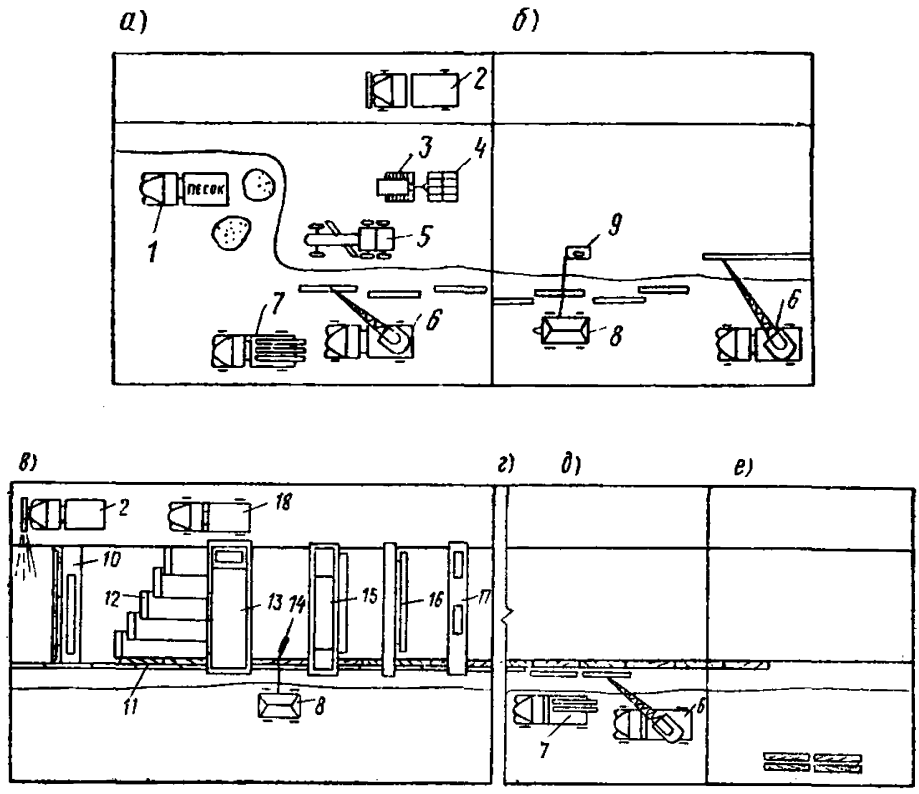



**Рис. 36. Технологическая схема устройства бетонного покрытия по захваткам, с указанием их протяженности и производимых работ**

*а* — первая захватка — 224 м, завоз, разравнивание и уплотнение песка, выгрузка рельс-форм; *б* — вторая захватка — 224 м, уплотнение основания под рельс-формы и установка рельс-форм; *в* — третья захватка — 112 м, окончательное уплотнение и профилирование основания, установка приставной опалубки, обмазка битумом граней плит, раскладка битуминированной бумаги, установка прокладок шва расширения. Укладка и уплотнение бетонной смеси. Нарезка швов в сверхуложенном бетоне. Нанесение пленкообразующих материалов. Засыпка бетонной поверхности песком; *г* — четвертая захватка — 112 м, выдержка бетона; *д* — пятая захватка — 224 м, разборка и погрузка рельс-форм; *е* — шестая захватка — 112 м, снятие приставной опалубки; *1* — автосамосвал с песком; *2* — поливомоечная машина; *3* — трактор ДТ-54; *4* — каток на пневматических шинах; *5* — автогрейдер; *6* — автокран; *7* — бортовой автомобиль с опалубкой; *8* — передвижная электростанция; *9* — поверхностный вибратор; *10* — профилировщик основания Д-345; *11* — приставная опалубка; *12* — битуминированная бумага; *13* — бункерный распределитель бетона Д-315; *14* — глубинный вибратор; *15* — бетоноотделочная машина Д-376; *16* — нарезчик швов ДНШС-60; *17* — машина М-28-60; *18* — автосамосвал с бетонной смесью

**5.93.** При устройстве двухслойных покрытий с раздельным уплотнением каждого слоя технология бетонирования состоит из следующих операций: подготовка основания, установка рельс-форм или укладка бетонных бсковых полос, укладка бетонной смеси нижнего слоя; россыпь щебня размером 20—40 мм в количестве один кубометр на 100 м² перед началом схватывания бетона и втапливание щебня в бетон (для создания шероховатой поверхности) повторным проходом уплотняющей машины или поверхностным вибратором,

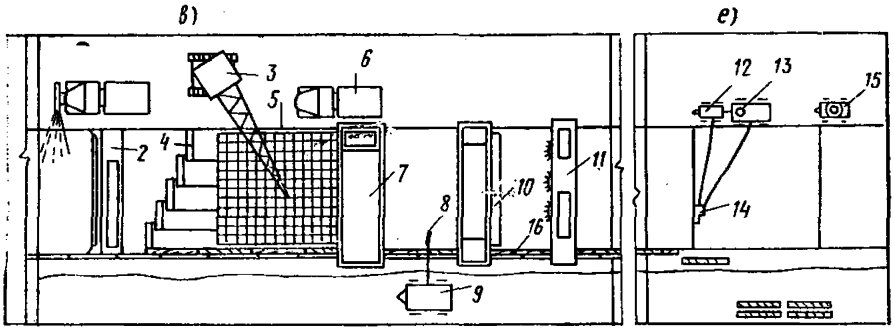



**Рис. 37. Технологическая схема устройства железобетонного покрытия по захваткам**

*а, б* — то же, что в рис. 36; *в* — третья захватка —112 м. Окончатальное уплотнение и профилирования основания. Установка переставной опалубки. Обмазка битумом граней плиты. Раскладка битуминированной бумаги. Установка арматурных каркасов. Укладка и уплотнение бетонной смеси. Нанесение пленкообразующих материалов, засыпка бетонной поверхности песком; *г, д* — то, же что в рис. 36; *е* — шестая захватка — 112 м. Нарезка швов сжатия в затвердевшем бетоне. Снятие приставной опалубки. *1* — поливомоечная машина; *2* — профилировщик основания Д-345; *3* — кран КТС-5; *4* — битумированная бумага; *5* — арматурный каркас; *6* — автомобиль самосвал с бетонной смесью; *7* — бункерный распределитель бетона Д-375; *8* — глубинный вибратор; *9* — передвижная электростанция; *10* — бетоноотделочная машина Д-376; *11* — машина М-28-60; *12* — прицеп с цистерной; *14* — нарезчик Д-432; *15* — передвижной битумный котел; *16* — приставная опалубка

устройство швов в свежем бетоне; снятие рельс-форм, уход за бетоном 10—12 дней; установка рельс-форм для бетонирования верхнего слоя, установка прокладок и штырей в местах швов (если предусмотрено проектом); укладка бетонной смеси верхнего слоя, устройство швов до или после твердения бетона; снятие рельс-форм и уход за бетоном.

**5.94.** Технология бетонирования покрытия при совместном уплотнении двух слоев следующая: установка рельс-форм или укладка боковых полос (подготовка основания), установка прокладок и штырей в местах будущих швов, подача и распределение бетонной смеси в нижний слой, укладка арматурной сетки (если она предусмотрена); подача и распределение верхнего слоя с отставанием от укладки нижнего на 12—15 м; одновременное уплотнение верхнего и нижнего слоев, отделка поверхности покрытия; устройство швов,снятие рельс-форм, уход за бетоном.

**5.95.** Основания под бетонные покрытия могут быть из щебня, гравия, шлака, гравийно-песчаной смеси, из грунтов, укрепленных цементом или битумом, крупнозернистого и среднезернистого песка.

Работы по устройству оснований выполняются в соответствии

с действующими правилами на их устройство, которые в настоящем параграфе не рассматриваются, кроме укладки выравнивающего слоя.

**5.96.** Перед бетонированием по основанию укладывается выравнивающий слой из песка, обработанного битумом толщиной до 3 см, или из необработанного песка толщиной до 5 см.

При выравнивающем слое основания из необработанного песка по его поверхности для уменьшения смерзания покрытия и основания зимой укладывают битумизированную бумагу (ТУ-258-52) или полиэтиленовую пленку.

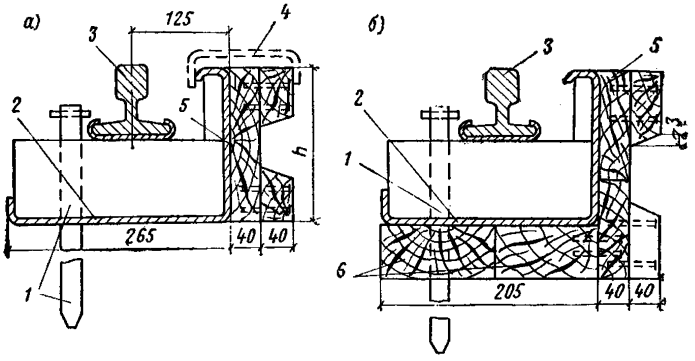



**Рис. 38. Рельс-форма с приставной шпунтовой опалубкой**

*а* — без подкладки и *б* — с подкладкой; *1* — штыри; *2* — рельс-форма; *3*—рельс; *4* — скоба для крепления приставной опалубки; *5* — приставная шпунтовая опалубка; *6* — брусья под рельс-формы

Окончательное профилирование и уплотнение выравнивающего слоя основания производится после установки рельс-форм, с помощью профилировщика Д-345.

**5.97.** При установке рельс-форм необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

разбивка линии установки рельс-форм в плане производится по одной стороне будущего покрытия при помощи теодолита, а по другой стороне — по шаблону;

рельс-формы, состоящие из отдельных звеньев длиной по 4 м, высотой 200 мм, массой по 75—80 кг, устанавливаются при помощи автомобильного крана;

если толщина покрытия превышает высоту рельс-форм, то их устанавливают на подкладке (рис. 38). Если толщина покрытия меньше высоты рельс-форм, то разницу можно устранить за счет выравнивающего слоя;

процесс установки рельс-форм должен опережать бетонирование не менее чем на длину сменной укладки бетонной смеси.

Устанавливаемые звенья рельс-форм должны опираться на основание без просветов и закрепляться к основанию полным комплектом штырей на расчетную глубину. Отдельные неровности в вертикальной плоскости не должны превышать 2 мм и в горизонтальной плоскости 5 мм, разность высоты звеньев рельс-форм на стыках не должна превышать 2 мм;

до начала укладки бетонной смеси установленные рельс-формы обкатываются машиной бетоноукладочного комплекта. Разница в отметках положения рельс-форм по проекту и после обжатия не должна превышать 5 мм. Обнаруженные просадки устраняются подбивкой основания и подъемом рельс-форм с проверкой их положения нивелиром;

рельс-формы непосредственно перед укладкой бетонной смеси смазывают с внутренней стороны отработанным маслом или известково-глинистым раствором.

5.98. Рельс-формы снимают не раньше, чем через 18 ч после укладки бетона при температуре твердения бетона 15° С и выше и не раньше, чем через 24 ч при температуре твердения ниже 15° С.

Перед повторной установкой рельс-форм и опалубки их следует очистить от бетона, осмотреть и отбраковать непригодные.

5.99. Для устройства подстилающего слоя с применением малой механизации — виброреек или поверхностных вибраторов — в качестве опалубки, ограждающей одновременно бетонируемую полосу, могут применяться деревянные доски толщиной 50 мм.

Опалубку устанавливают при помощи нивелира в соответствии с проектными отметками так, чтобы верхняя грань ее находилась на уровне поверхности бетонируемой конструкции.

5.100. Для предохранения плоских конструкций и их частей от деформации при расширении и сжатии в них устраиваются швы расширения, сжатия (ложные швы) и швы продольные по типу швов сжатия, с учетом следующих рекомендаций:

перед бетонированием для образования швов расширения следует заложить заранее заготовленные прокладки со штырями и закрепить их на основании металлическими штырями (диаметром 18—20 мм), забиваемыми с обеих сторон прокладки через 0,8—1 м (рис. 39);

для образования швов сжатия и продольных швов следует установить штыри перпендикулярно направлению шва на металлических шпильках путем погружения штырей в свежую бетонную смесь. Приспособление, применяемое для этой цели, показано на рис. 40. Перед установкой штыри следует очистить от грязи, масла и ржавчины и на половине их длины обмазать битумом, нагретым до 120—140° С, или тонким слоем синтетической краски;

после установки прокладок и штырей эта работа должна быть принята с оформлением акта на скрытые работы.

5.101. Укладку бетонной смеси в дорожные покрытия следует, как правило, производить на всю ширину проезжей части. При строительстве дорог в условиях, где затруднено устройство объездов (горный и резко пересеченный рельеф, заболоченная местность), укладку бетонной смеси следует производить полосами на половину ширины проезжей части, используя другую половину проезжей части и обочины для движения построечного транспорта.

5.102. Укладку бетонной смеси в аэродромные покрытия производят продольными рядами вдоль покрытия с устройством маячных рядов или без них. При выборе схемы укладки следует учитывать возможность езды автотранспорта по основанию, сроки твердения бетона, число перестановок рельс-форм и характеристики бетоноукладочного оборудования.

5.103. *Укладку бетонной смеси в подстилающий слой пола* производят полосами шириной от 3 до 4 м.

Полосы бетонируются через одну, начиная с наиболее удален-

ной от проезжей части. Промежуточные полосы следует бетонировать после затвердения бетона смежных полос.

**5.104.** Прием бетонной смеси из транспортных средств и ее распределение по основанию покрытия при укладке бетоноукладчиками проводится бункером или шнеком-распределителем бетоноукладочной машины, руководствуясь следующим:

распределение бетонной смеси следует осуществлять равномерно без нарушения ее однородности. Превышение проектных отметок при распределении смеси назначается лабораторией с учетом осадки смеси на уплотнение и ориентировочно может быть 15—20% от толщины покрытия;

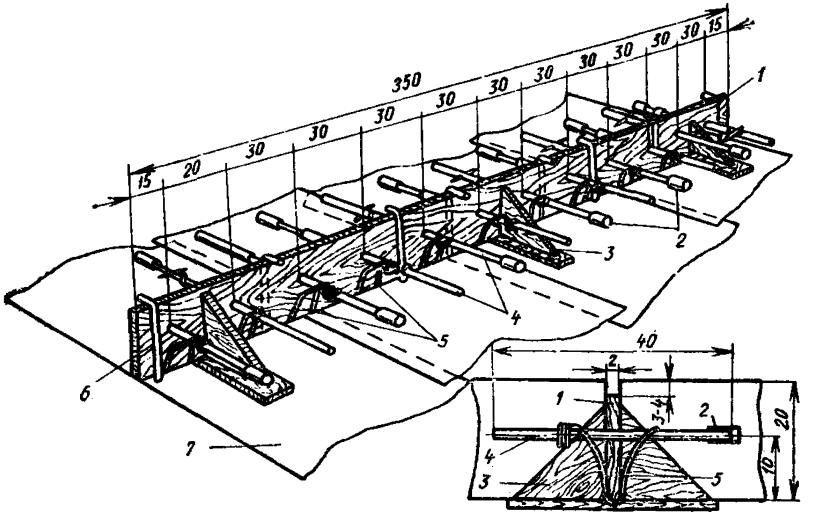



**Рис. 39. Крепление прокладок и штырей в швах при устройстве бетонных покрытий**

*1* — деревянная доска (прокладка); *2* — колпачки на штырях; *3* — подкосы прокладки; *4* — штыри; *5* — проволочное крепление штырей и прокладок; *6* — костыли для закрепления доски (прокладки); *7* — рулонный материал

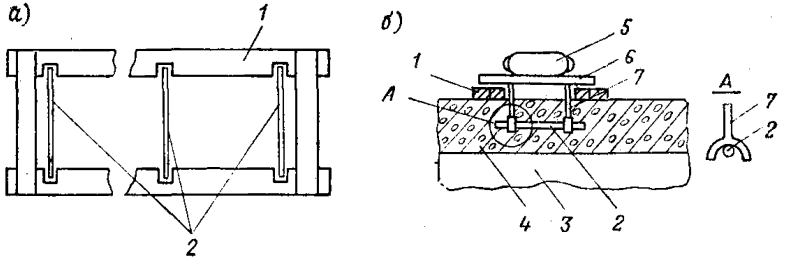



**Рис. 40. Схема шаблона для погружения штырей в швы сжатия**

*а* — шаблон с разложенными штырями; *б* — шаблон в рабочем положении; *1* — шаблон; *2* — штыри; *3* — основание; *4* — свежеуложенный бетон; *5* — вибратор; *6* — опорная площадка; *7* — вилка вибропогружателя

величину припуска бетонной смеси на уплотнение определяют перед началом работ путем пробных проходов машины для уплотнения и отделки покрытия.

При использовании бетонной смеси с осадкой конуса 1—2 см величина припуска для машины Д-375 составляет 20—30 мм;

бетонную смесь следует распределять правильными поперечными полосами по всей ширине покрытия, без пропусков, не следует допускать многократные проходки бункера-распределителя над разложенной смесью;

бетонную смесь около прокладок швов расширения и прокладок под швами сжатия рекомендуется распределять так, чтобы исключить смещение прокладок и штырей из проектного положения.

Для обеспечения указанного условия бетонная смесь распределяется после установки бункера-распределителя непосредственно над прокладкой и затем перемещением бункера вдоль прокладки.

**5.105.** При укладке бетонной смеси средствами малой механизации (без комплекта бетоноукладочных машин) бетонную смесь следует разгружать из транспортных средств непосредственно на основание в пределах опалубки и распределять с помощью механических или ручных скребков или лопат.

При применении разравнивателя бетонной смеси на базе экскаватора Э-153 укладка бетонной смеси в подстилающий слой производится полосами шириной 3 м, которые ограждаются с обеих сторон маячными досками. Разравниватель устанавливается рядом с бетонируемой полосой и передвигается вдоль нее.

Техническая характеристика разравнивателя бетона на базе экскаватора Э-153 приведена в приложении V.

**5.106.** При укладке двухслойного покрытия бетонную смесь надо распределять при помощи двух бетоноукладчиков. Первый распределяет бетонную смесь нижнего слоя второй, располагающийся на расстоянии 12—15 м от первого, верхнего слоя.

Бетонную смесь нижнего и верхнего слоев покрытий распределяют на 20—30 мм выше их проектной толщины в плотном теле.

При укладке двухслойного покрытия разрыв во времени между укладкой нижнего и верхнего слоя может быть при температуре воздуха 5—20° С не более 1 ч, при температуре 20—25° С не более 45 мин, 25—30° С не более 30 мин.

Заканчивать бетонирование двухслойного покрытия следует с расчетом укладки верхнего и нижнего слоя одновременно.

**5.107.** Уплотнение бетонной смеси и отделку дорожных и аэродромных покрытий следует производить бетоноукладочными машинами, оборудованными вибробрусьями, обеспечивающими уплотнение бетонной смеси и отделку поверхности покрытия.

Рекомендуются преимущественно длиннобазовые бетоноотделочные машины с диагональными или продольными выравнивающими вибробрусьями, а также машины со скользящими формами.

**5.108.** Перед уплотнением бетонной смеси бетоноукладочной машиной рекомендуется:

заднюю кромку уплотняющего бруса установить на уровне головки рельс-формы обеспечить строгую параллельность нижних кромок уплотняющего и выглаживающего брусьев;

уплотняющий и выглаживающий брусья устанавливают под углом наползания, подбираемого опытным путем.

Правильность настройки рабочих органов машины Д-376 характеризуется следующим признаком: в процессе работы перед уплот-

няющим вибробрусом образуется равномерный валик бетонной смеси высотой 80—100 мм и перед выглаживающим брусом валик раствора высотой 20—40 мм.

Если перед выглаживающим вибробрусом образуется слишком большой валик бетонной смеси, необходимо несколько опустить уплотняющий брус. Если после этого перед уплотняющим брусом начинает накапливаться излишек бетонной смеси, необходимо опустить также и лопастной вал машины и уменьшить припуск на уплотнение установленной на распределителе бетоноукладочной машины (Д-376).

**5.109.** При необходимости уплотнения бетонной смеси и отделки покрытия за два прохода по одному следу не рекомендуется при втором проходе машины включать механизм вертикального качания уплотняющего бруса; переднюю же кромку бруса следует зафиксировать в приподнятом на 20—30 мм положении.

**5.110.** После прохода бетоноукладочной машины покрытие должно иметь поверхность без раковин и неровностей. Если на поверхности остаются раковины, их необходимо заполнить свежей бетонной смесью и пропустить машину вторично.

**5.111.** Уплотнение и отделку бетона в покрытиях следует производить участками длиной не менее 15 м, избегая остановок бетоноукладочной машины с невыключенными вибраторами. Частые остановки с невыключенными вибраторами неизбежно ведут к образованию неровностей и волн на покрытии. Ровность покрытия обеспечивается только четкой безостановочной работой бетоноукладочной машины и бесперебойной подачей бетонной смеси с постоянной пластичностью и постоянным составом.

**5.112.** При уплотнении бетонной смеси и отделки покрытия в местах установки прокладок для швов расширения следует до подхода бетоноотделочной машины к шву расширения бетонную смесь с обеих сторон прокладки уплотнить глубинным вибратором, при этом необходимо следить за тем, чтобы прокладки и штыри в процессе вибрирования смеси сохраняли проектное положение.

**5.113.** Бетонная смесь, уложенная в подстилающий слой и подготовку, уплотняется виброрейками, передвигаемыми по маячным доскам или по поверхности ранее забетонированных смежных полос.

В небольших помещениях (площадью менее 100 м$^2$) уплотнение можно производить поверхностными вибраторами.

При укладке бетонной смеси двумя слоями нижний слой уплотняется поверхностными вибраторами или виброрейкой. Виброрейку следует устанавливать наискось между маячными досками.

Поверхность уплотненного подстилающего слоя следует выравнивать.

Подстилающему слою под асфальтовые, ксилолитовые и другие монолитные полы должна быть придана шероховатая поверхность.

**5.114.** В стыковых соединениях плоских конструкций, устанавливаемых проектом, предусматривают нарезку прорезей в свежеуложенном или в затвердевшем бетоне. При нарезке швов следует руководствоваться следующими рекомендациями:

в швах расширения покрытий прорези делаются машиной, рабочим органом которой является абразивный круг толщиной, равной толщине заложенной в шов прокладки (29—30 мм). Прорезь делается по трещине, которая образовалась в результате усадки твердеющего бетона над деревянной прокладкой стыка;

прорезь паза делается на глубину 25—30 мм со срезкой верхней части деревянной прокладки на 10—20 мм;

после нарезки паза рекомендуется двухконусными абразивными кругами на ребрах прорези сделать фаски шириной 5—6 мм;

поперечные швы сжатия (ложные швы), а также продольные швы (по типу ложного шва сжатия) могут нарезаться как в свежеуложенном, так и в затвердевшем бетоне. Нарезаются эти швы на $^1/_3$ толщины покрытия;

для устройства ложных швов в свежеуложенном бетоне можно применять машину ДНШС-60 (Минтрансстроя) или оборудование, смонтированное на бетоноукладочной машине;

ложные швы в подстилающих слоях, которые устраиваются с помощью средств малой механизации, образуются металлической полосой шириной 80—100 мм и толщиной 4—6 мм, заглубляемой в бетонный слой на $^1/_3$ толщины. Полосу оставляют на 20—40 мин, после чего осторожно извлекают;

поперечные швы сжатия в затвердевшем бетоне нарезают сразу, как только прочность бетона на сжатие достигнет 80—100 кгс.

## Бетонирование колонн, стен и перегородок

**5.115.** Для бетонирования колонн и стен рекомендуются основные схемы: транспортное средство — поворотная бадья — стреловой кран — конструкция; автотранспортное средство — бетононасос — бетоновод — конструкция.

**5.116.** Бетонирование колонн сечением 400×400 мм и более и высотой до 5 м производится сразу на всю высоту с подачей бетонной смеси сверху непосредственно из бадьи или бетоновода. При больших высотах подача бетонной смеси в колонны производится звеньевыми хоботами или бетононасосами опусканием концевого шланга бетоновода в опалубку.

При невозможности опускания хобота или концевого шланга бетоновода внутрь короба опалубки, при наличии перекрещивающихся ветвей хомутов, вызывающих расслоение бетонной смеси при ее падении, а также при сечении колонн менее 400×400 мм бетонирование колонн должно производиться ярусами высотой не более 2 м с подачей бетонной смеси через окна, специально устраиваемые для этой цели в опалубке.

Бетонирование высоких колонн может производиться при трех опалубленных плоскостях. Четвертая сторона опалубки устраивается на высоту последующего яруса после бетонирования предыдущего.

Если над колоннами расположены балки и прогоны с густой арматурой, не позволяющей бетонировать колонны сверху, бетонирование их можно производить до армирования примыкающих к ним балок с последующей обработкой рабочих швов в соответствии с указаниями пп. 5.5, 5.6.

**5.117.** В колоннах большего сечения (более 400×400 мм) уплотнение бетонной смеси следует производить внутренними вибраторами ИВ-59, ИВ-60 и др. При высоте колонн более 4 м вибраторы ИВ-59 и ИВ-60 следует подвешивать на тросе. Наряду с внутренними допускается применение наружных вибраторов.

При бетонировании густо армированных колонн с перекрещивающимися хомутами и колонн сечением менее 400×400 мм бетонная

смесь должна уплотняться внутренними вибраторами ИВ-66 с вибронаконечниками малого диаметра.

**5.118.** Рабочие швы в колоннах (рис. 41) допускаются только на уровне верха фундамента (шов *I — I*), у низа прогонов и балок (шов *II — II*), у верха подкрановых балок (шов *II — II*) или у низа подкрановой консоли (шов *III—III*). В колоннах под безбалочные перекрытия допускаются устройства швов на уровне фундаментов (шов *I — I*) и у низа капители (шов *II—II*).

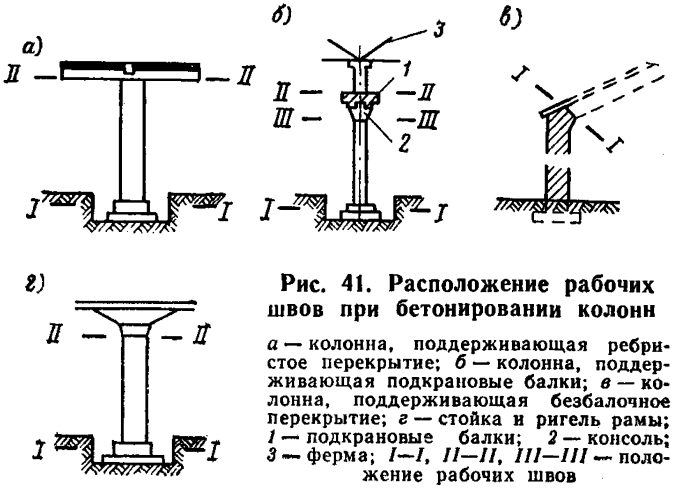



**Рис. 41. Расположение рабочих швов при бетонировании колонн**

*а* — колонна, поддерживающая ребристое перекрытие; *б* — колонна, поддерживающая подкрановые балки; *в* — колонна, поддерживающая безбалочное перекрытие; *г* — стойка и ригель рамы; *1* — подкрановые балки; *2* — консоль; *3* — ферма; *I—I, II—II, III—III* — положение рабочих швов

Устройство рабочих швов в стенах и перегородках, являющихся конструктивными элементами сложных инженерных сооружений (резервуаров, бункеров, силосов и т. п.), производится в местах, указанных в проектах.

**5.119.** Стены и перегородки высотой до 10 м должны бетонироваться участками высотой не более 3 м.

Спуск бетонной смеси в опалубку с высоты более 3 м должен производиться через звеньевые хоботы или концевой шланг бетоновода.

При наличии балок и перекрытий, опирающихся на стены бетонирование должно вестись на всю высоту между этими балками или перекрытиями (но не более 5 м).

Тонкие стены и перегородки (толщиной менее 150 мм) следует бетонировать ярусами высотой до 2 м. Опалубка при этом возводится с одной стороны на всю высоту конструкции, а с другой — поярусно.

В особых случаях, требующих одновременного возведения двух сторон опалубки на всю высоту сооружения или конструкции (например, при необходимости соблюдения бесшовного бетонирования), допускается укладка бетонной смеси через окна или проемы в опалубке.

**5.120.** Укладка бетонной смеси в опалубку стен резервуаров и сооружений для хранения жидкостей должна производиться непрерывно слоями высотой не более 0,8 длины рабочей части вибра-

тора. При устройстве (в исключительных случаях) рабочих швов их поверхность должна быть тщательно обработана в соответствии с указаниями пп. 5.5, 5.6.

**5.121.** Бетонную смесь в стенах и перегородках следует уплотнять внутренними вибраторами типа ИВ-66 с гибким валом и другими вибраторами с малым вибронаконечником. В стенах толщиной более 200 мм уплотнение бетонной смеси можно производить вибробулавами ИВ-59, ИВ-60 или вибраторами ИВ-56, ИВ-79 с гибким валом и другими с большим вибронаконечником.

**5.122.** При бетонировании высоких (выше 5 м) стен, перегородок без рабочих швов необходимо устраивать перерывы для осадки бетонной смеси продолжительностью не менее 40 мин, но не более периода начала схватывания цементного теста в бетонной смеси.

## Бетонирование стен в скользящей опалубке

**5.123.** При бетонировании стен в скользящей опалубке необходимо учитывать некоторые специальные требования к приготовлению бетонной смеси и ее составляющим.

Применяемые цементы должны иметь начало схватывания не менее чем через 3 ч и конец схватывания не позднее чем через 6 ч.

Регулирование сроков схватывания бетонной смеси может производиться путем применения ускорителей твердения или пластифицирующих добавок.

Ускорители схватывания и пластифицирующие добавки могут быть использованы для приготовления бетонной смеси после лабораторной проверки.

Для обеспечения необходимой плотности бетона водоцементное отношение должно быть не более 0,5 для районов с суровым климатом и не более 0,55 для остальных районов.

Консистенция применяемой бетонной смеси должна назначаться в зависимости от методов ее уплотнения: при трамбовании вручную она должна иметь осадку конуса 10—12 см, при уплотнении вибраторами 7—8 см.

**5.124.** Подача бетонной смеси от приобъектного бетоносмесительного узла до места укладки может производиться с помощью бетононасосов, мототележек, электро- и автопогрузчиков и средств вертикального транспорта (кранов и подъемников).

**5.125.** Скорость подъема опалубки должна назначаться в соответствии со сроками схватывания цемента в условиях производства работ и обеспечивать бетону, выходящему из опалубки, прочность, достаточную для сохранения формы и проектных размеров сооружения. В то же время прочность бетона должна позволять проведение отделочных работ без особых затруднений. (При оптимальной скорости подъема опалубки следы от щитов на поверхности бетона должны легко затираться теркой.) Тем более недопустимо сцепление бетона с опалубкой.

**5.126.** При первоначальном заполнении (при неподвижной опалубке) укладываются два-три слоя бетонной смеси на высоту, равную половине высоты опалубки в течение 2,5—3,5 ч.

Укладка последующего слоя производится после окончания укладки предыдущего по всему контуру опалубки;

Дальнейшее заполнение опалубки может вестись в том случае, если при проведении пробного пуска выходящий из-под опалубки бе-

тон не оплывает и не имеет срывов. При движении опалубки с замедленной скоростью производится заполнение ее на всю высоту горизонтальными слоями не более чем по 250 мм в течение не более чем 6 ч.

После заполнения опалубки может быть начат ее подъем с заданной скоростью.

Скорость подъема опалубки, как и во время первоначального заполнения, должна уточняться строительной лабораторией в зависимости от температуры наружного воздуха, активности цемента и других условий.

**5.127.** После перехода на подъем опалубки с заданной скоростью бетонирование следует вести с соблюдением следующих указаний:

укладка бетонной смеси должна вестись непрерывно;

бетонная смесь должна укладываться в опалубку равномерными горизонтальными слоями толщиной не более 200 мм при бетонировании тонкостенных конструкций (толщиной до 200 мм) и не свыше 250 мм в остальных конструкциях;

укладку бетонной смеси следует вести в верхнюю часть опалубки, что обеспечивает меньшую степень прилипаемости бетона и загрязнение опалубки;

верхний уровень укладываемой смеси не должен быть ниже верха щита опалубки на 50 мм;

каждый последующий слой бетонной смеси должен укладываться в опалубку до начала схватывания предыдущего слоя.

**5.128.** Уплотнение бетонной смеси должно производиться сразу после ее укладки при помощи вибраторов или вручную с помощью шуровок и трамбовок. При использовании вибраторов необходимо соблюдать рекомендации, изложенные в пп. 5.67—5.80, и нижеследующие:

не рекомендуется одновременное применение двух вибраторов для уплотнения бетонной смеси между соседними домкратными рамами, так как это может вызвать деформацию опалубки;

при уплотнении бетонной смеси вручную особенно тщательно штыкование должно вестись у стенок опалубки для обеспечения гладкой поверхности конструкции и плотного защитного слоя;

вибрировать бетонную смесь с осадкой конуса свыше 8 см не допускается.

**5.129.** Не следует укладывать бетонную смесь в опалубку с загрязненными стенками, так как загрязненные стенки увеличивают их трение о бетон и создают опасность срывов, а также приводят к уменьшению толщины конструкции.

Очищать налипающий на стенки опалубки раствор следует металлическими скребками.

**5.130.** При возникновении вынужденных перерывов в бетонировании, превышающих 2 ч, необходимо соблюдать следующие рекомендации:

перед перерывом в бетонировании опалубка не должна быть заполнена бетонной смесью доверху. Не допускается прерывать бетонирование, не закончив укладку начатого слоя;

подъем опалубки должен производиться и во время перерыва до окончания схватывания бетонной смеси и появления между стенками опалубки и бетоном различимого на глаз зазора.

Подъем опалубки во время перерыва должен производиться с замедленной скоростью, достаточной для предотвращения сцепления бетона с опалубкой. К моменту окончания подъема расстояние

между рабочим полом и горизонтом уложенного бетона не должно превышать 500 мм.

Предотвращение сцепления опалубки с бетоном может быть достигнуто и путем периодического подъема и опускания опалубки в пределах одного шага — «шаг на месте».

Перед возобновлением бетонирования стенки опалубки должны быть очищены от приставшего бетона, мусор и остатки бетона удалены, а рабочий пол, стенки опалубки и очищенная поверхность бетона промыты водой.

Бетонирование может быть возобновлено только после проверки качества очистки и промывки техперсоналом, о чем должна быть сделана соответствующая запись в журнале бетонных работ.

Первый слой бетонной смеси, который укладывается на затвердевающий бетон, должен иметь тот же состав, но с уменьшенным содержанием крупного заполнителя.

После освобождения свежеуложенного бетона от опалубки горизонтальный стык старого и свежеуложенного бетона должен быть тщательно обследован с подвесных подмостей.

При необходимости следует рабочий шов тщательно очистить, удалить оставшийся в стене слой мусора и заделать шов доброкачественным бетоном.

## Бетонирование перекрытий

**5.131.** Для бетонирования перекрытий рекомендуются следующие схемы:

транспортное средство — бадья — кран — конструкция;

транспортное средство — бадья — кран — звеньевой транспортер, виброжелоб — конструкция;

транспортное средство — бетононасос — бетоновод — конструкция.

**5.132.** Бетонирование балок и плит, монолитно связанных с колоннами и стенами, следует производить не позднее 1—2 ч после окончания бетонирования этих колонн и стен.

Бетонирование балок (прогонов) и плит ребристых перекрытий должно производиться одновременно. При больших размерах балок, арок и аналогичных конструкций (по высоте превышающих 800 мм) их рекомендуется бетонировать отдельно от плиты с устройством рабочего шва на 30 мм ниже уровня поверхности плиты.

**5.133.** Укладка бетонной смеси в балки и прогоны производится горизонтальными слоями толщиной 300—500 мм в зависимости от типа применяемого вибратора.

**5.134.** Для обеспечения проектной толщины защитного слоя бетона в балках, прогонах и плитах применяются прокладки, изготовленные из цементного раствора.

Для образования вертикальной плоскости защитного слоя эти прокладки прикрепляются к стержням арматуры вязальной проволокой, заложенной в прокладках при изготовлении. Для образования горизонтальной плоскости защитного слоя прокладки к арматуре не прикрепляются.

**5.135.** Укладка бетонной смеси в плиты производится по маячным рейкам. Маячные рейки устанавливаются рядами через 2—2,5 м и прибиваются к бобышкам, расположенным на опалубке. Верхняя плоскость рейки должна располагаться на уровне верха плиты. Пос-

ле снятия реек и бобышек оставшиеся в плите углубления заполняются бетонной смесью и уплотняются вибраторами.

**5.136.** Для уплотнения бетонной смеси в балках с густым армированием применяют глубинные вибраторы типа ИВ-17. В прогонах и балках больших размеров бетонную смесь уплотняют вибраторами ИВ-25 или ИВ-59. В местах пересечения арматуры прогонов и балок при невозможности применения вибраторов бетонную смесь уплотняют штыкованием.

Для уплотнения бетонной смеси в плитах вибраторы выбирают в зависимости от толщины плиты и вида армирования.

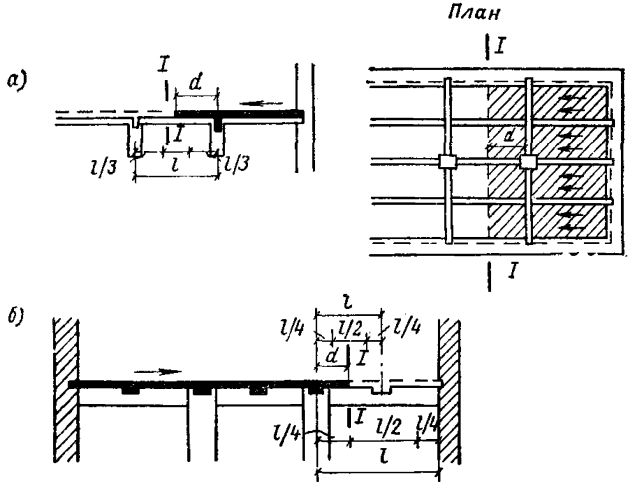



**Рис. 42. Расположение рабочих швов при бетонировании ребристых перекрытий**

*а* — бетонирование в направлении, параллельном балкам; *б* — бетонирование в направлении, перпендикулярном балкам *I—I* положении рабочего шва (стрелками показано направление бетонирования)

При толщине плиты до 250 мм с одиночной арматурой или до 120 мм с двойной арматурой бетонную смесь уплотняют поверхностным вибратором ИВ-2 или вибробрусом.

При толщине плиты более 250 мм с одиночной арматурой и более 120 мм с двойной арматурой — глубинным вибратором ИВ-17, ИВ-27 или ИВ-59, а после провибрирования по глубине проходят поверхностными вибраторами ИВ-2.

Уплотнение надлежит производить в соответствии с рекомендациями пп. 5.67—5.80.

**5.137.** При бетонировании плоских плит рабочий шов устраивается в любом месте, но по направлению меньшего пролета. В ребристых перекрытиях при бетонировании параллельно направлению балок рабочий шов следует устраивать в средней трети пролета.

При бетонировании, ведущимся перпендикулярно направлению балок, рабочий шов устраивается в пределах двух средних четвертей пролета, прогонов и плиты (рис. 42).

## Бетонирование конструкций раздельным способом

**5.138.** Способ раздельного бетонирования заключается в разновременной укладке непосредственно в опалубку составляющих бетонной смеси, минуя их предварительное перемешивание в бетоносмесительных установках.

К способу раздельного бетонирования относятся инъекционный и вибронагнетательный методы и метод «восходящего раствора» (ВР), который рассматривается в гл. 10 настоящего Руководства.

**5.139.** Инъекционный и вибронагнетательный методы раздельного бетонирования заключаются в нагнетании цементно-песчаного раствора снизу вверх под давлением в зерновое пространство крупного заполнителя, уложенного в опалубку конструкции.

Эти методы раздельного бетонирования позволяют значительно уменьшить количество рабочих швов в бетоне, так как крупный заполнитель может быть уложен в опалубку на всю ее высоту. Тяжелое бетоносмесительное оборудование заменяется более легким — растворосмесительным.

Эти методы могут быть эффективно применены при возведении железобетонных резервуаров, подпорных стен, сложных фундаментов под оборудование, колонн и свайных фундаментов, а также в случаях, когда применение обычной технологии по каким-либо причинам затруднительно.

Недостатками методов являются повышенные требования к чистоте крупного заполнителя, прочности опалубки и ее растворонепроницаемости.

Кроме того, их применение требует повышенной квалификации рабочих. В каждом конкретном случае применение раздельного бетонирования необходимо обосновать путем сравнения технико-экономических показателей этого метода производства бетонных работ с другими.

**5.140.** К растворной смеси, мелкому и крупному заполнителю бетона раздельной укладки предъявляются следующие требования.

Модуль крупности песка должен быть не более 1,8. Соотношение между максимальным размером зерен песка в растворе и минимальным размером зерен крупного заполнителя должно быть не менее 1 : 10.

Крупный заполнитель (щебень, гравий) должен быть чистым. Не допускается применение крупного заполнителя, содержащего более 5% зерен лещадной формы.

Минимальный размер крупного заполнителя должен быть 40 мм, наибольший не должен превышать $^1/_3$ наименьшего размера бетонируемой конструкции или $^3/_4$ минимального расстояния в свету между стержнями арматуры. Более мелкий щебень или гравий допускается применять на основе проведения соответствующих опытно-производственных работ.

Водоотделение инъекционного раствора должно быть в пределах 1—3%, а расслаиваемость не более 20 мм.

Повышение подвижности и однородности растворов и уменьшение их расслаиваемости и водоотделения достигается путем приготовления растворов в высокоскоростных турбулентных и вибротурбулентных смесителях, а в случае использования для приготовления обычных смесителей — путем дополнительной кратковременной активации готовых смесей в высокооборотных смесителях (типа С-868 или СБ-81).

Примечание. Конструкции смесителей С-868 и СБ-81 разработаны Кузниишахтостроем (г. Кемерово). Смеситель С-868 выпускается серийно Новосибирским заводом строительных машин. Производительность С-868—2 м³/ч активированного раствора, емкость готового замеса 65 л.

Подвижность раствора должна быть не менее 12 см (по глубине погружения стандартного конуса) при соотношении цемента к песку в смеси не более 1 : 2.

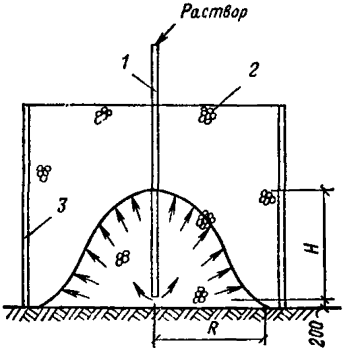



**Рис. 43. Схема распространения раствора при его инъекции в крупный заполнитель через стальные инъекционные трубы**

*1* — стальные трубы; *2* — крупный заполнитель; *3* — опалубка сооружения

Подбор состава бетона производится опытным путем посредством испытания партий бетонных образцов, изготовленных на растворе с различным водоцементным и цементно-песчаным отношением. Изготовление образцов должно производиться раздельным методом (чертежи прибора разработаны ЦНИИОМТП).

**5.141.** Нагнетание раствора при инъекционном методе рекомендуется производить:

при толщине вертикальных элементов конструкции более 1 м через стальные инъекционные трубы, устанавливаемые в опалубку до укладки крупного заполнителя (рис. 43).

Инъекционные трубы изготавливаются из звеньев стальных труб диаметром 38—50 мм, длиной 1—2 м. В нижнем звене инъекционной трубы делаются прорези шириной 15 мм или отверстия диаметром 10—20 мм на длину 150—300 мм от устья, которые увеличивают площадь выхода раствора в крупный заполнитель;

при толщине вертикальных элементов конструкции не менее 1 м через инъекционные отверстия или штуцера (диаметром 38—50 мм) в опалубке сооружения (рис. 44). Для увеличения площади выхода раствора в крупный заполнитель против отверстий (штуцеров) на всю толщину конструкции устанавливаются витые проволочные спирали, диаметр проволоки 3—5 мм. Внутренний диаметр спирали должен быть равен диаметру отверстия в опалубке. Шаг витков спирали не должен превышать размера зерен крупного заполнителя. Такая спираль устанавливается до укладки крупного заполнителя и фиксируется с помощью стержня, пропущенного в инъекционное отверстие (штуцер).

**5.142.** В процессе бетонирования инъекционные трубы должны быть заглублены в раствор не менее чем на 300 мм. По мере подъема свободной поверхности раствора инъекционные трубы извлекаются из крупного заполнителя. Извлеченные звенья удаляются (при

отключенном растворонасосе), после чего нагнетание продолжается в оставшиеся в крупном заполнителе звенья инъекционных труб.

Извлечение инъекционных труб можно производить различными подъемными механизмами и приспособлениями. На рис. 45 приводится один из возможных вариантов легкого ручного переносного подъемника массой 20 кг.

При нагнетании раствора в крупный заполнитель через инъекционные отверстия (штуцера) в опалубке раствор не должен выливаться из следующего по высоте отверстия, так как в случае вынужденного перерыва в бетонировании в эти отверстия невозможно будет продолжать инъекцию. После окончания нагнетания раствора в оче-

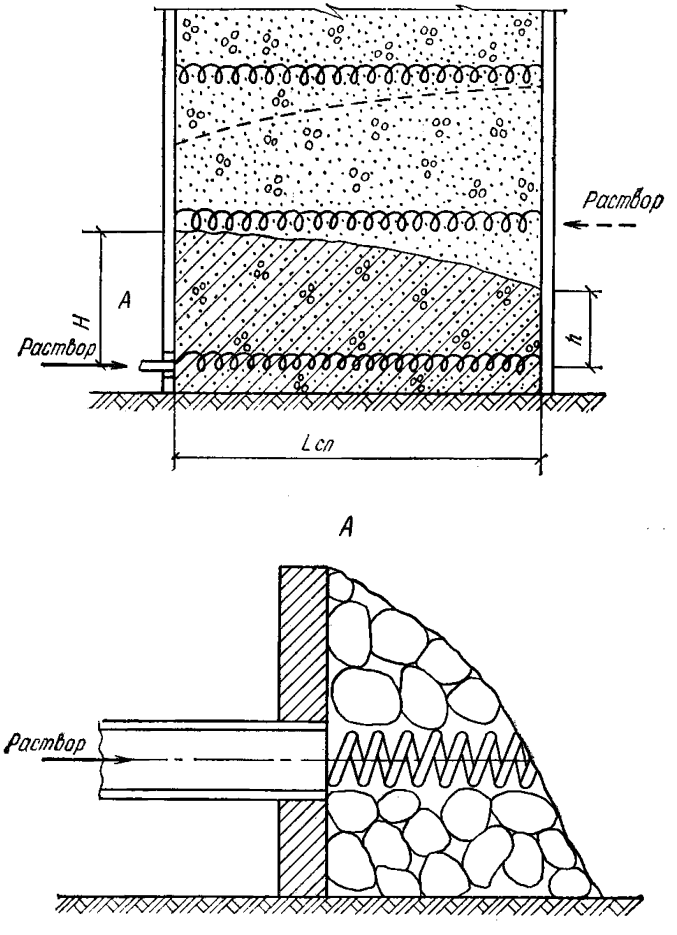



**Рис. 44. Схема распространения раствора при его инъекции в крупный заполнитель через отверстия в опалубке, по центру которых установлены проволочные спирали**

редное отверстие (штуцер) оно закрывается деревянной пробкой (заглушкой).

Инъекционные трубы и инъекционные отверстия располагаются в опалубке сооружения таким образом, чтобы не оставалось участков крупного заполнителя, в которые раствор не проникал бы под действием напора, создаваемого растворонагнетающими механизмами (рис. 46). Расстояние между инъекционными трубами или отверстиями в опалубке в плане может быть ориентировочно принято равным 1,8—2 $H$ ($H$ — высота нагнетания раствора от низа инъекционной трубы или расстояние между горизонтальными рядами инъекционных отверстий). Оптимальная величина $H$, установленная практикой, равна примерно 1 м (при бетонировании тонкостенных конструкций).

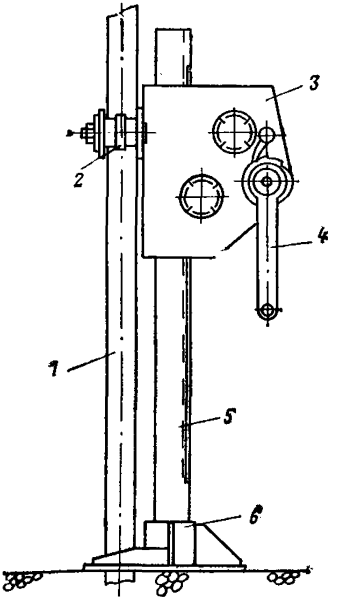



**Рис. 45. Подъемник инъекционных труб**

*1* — инъекционная труба; *2*—зажимное устройство; *3* — каретка; *4* — рукоятка; *5* — зубчатая рейка; *6* — опорная пята с вырезом для пропуска трубы

**5.143.** Раствор должен нагнетаться. одновременно через все инъекционные трубы. При нагнетании раствора в крупный заполнитель через отверстия в опалубке допускается последовательная подача раствора в каждое отверстие.

Средняя скорость подъема свободной поверхности раствора при его составе 1 : 1 (*Ц* : *П*) должна быть не менее 0,06 м/мин, при составе 1 : 2— 0,12 м/мин.

**5.144.** При больших объемах бетонных работ сооружение может быть разбито на захватки.

Разделительным элементом между захватками могут служить цементно-песчаные перегородки из раствора (подвижностью 10—8 см, соответственно при крупном заполнителе 40—60 и 60—100 мм) или из тканой металлической сетки с ячейкой 2×2 мм.

Примечание. Размер ячейки сетки не должен превышать максимального размера зерен песка в растворе.

**5.145.** Инъекционная установка должна состоять из смесителя-активатора (типа СБ-81), вибросита и растворонагнетающего механизма (растворонасосов типа С-317Б или бетононасосов). Из этих агрегатов может быть скомпонована любая по производительности стационарная или, при необходимости, передвижная установка.

Активированный инъекционный раствор можно приготовлять непосредственно на площадке в турбулентном смесителе или на заводе в обычных растворосмесителях с последующей активацией раствора в инъекционной установке.

**5.146.** Опалубка конструкции должна быть прочной, жесткой и растворонепроницаемой.

Величина давления бетонной смеси на опалубку при нагнетании раствора (состава от 1 : 1 до 1 : 2, подвижностью 14—12 см) в круп-

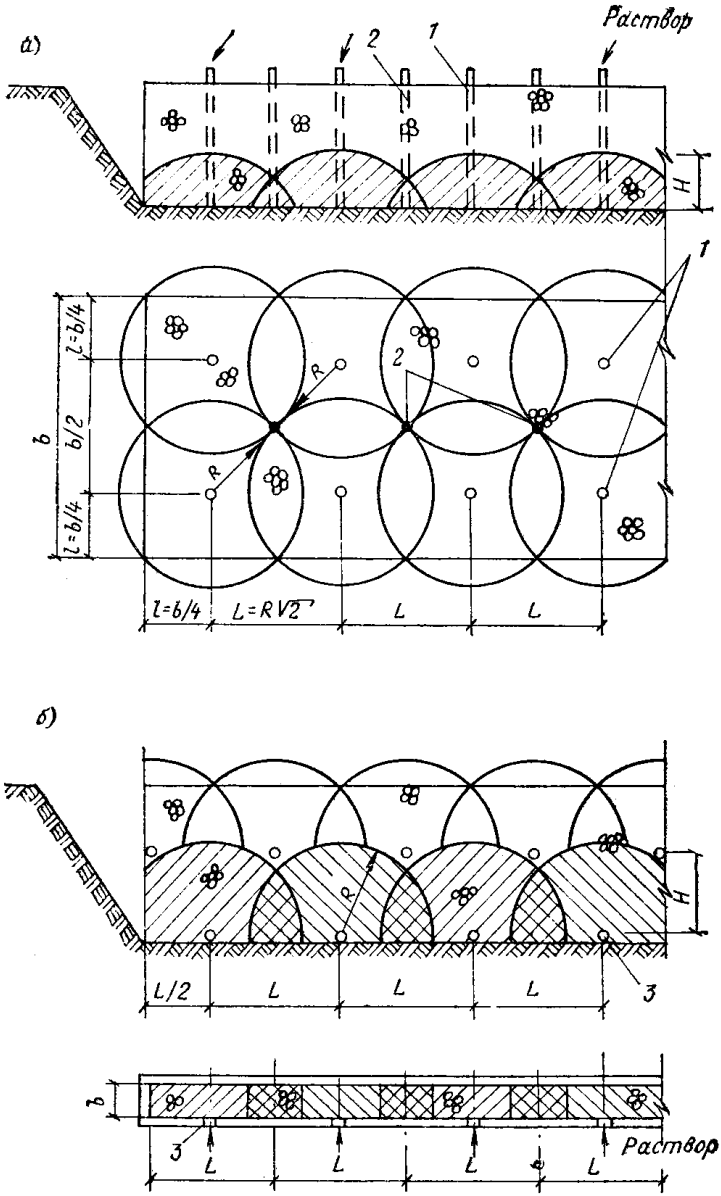



**Рис. 46. Размещение труб в крупном заполнителе и отверстий в опалубке сооружения**

*а* — при бетонировании массивных конструкций; *б* — при бетонировании стен; *1* — инъекционная труба; *2* — контрольная труба; *3* — инъекционное отверстие

ный заполнитель (40—60 мм) на высоту 1 м от низа инъекционной трубы или отверстия в опалубке находится в пределах 8—15 тс/м². При нагнетании раствора на высоту более 1 м давление увеличивается пропорционально расстоянию между свободной поверхностью раствора и низом инъекционной трубы (отверстием). При нагнетании раствора в крупный заполнитель фракции 60—100 мм величина давления на опалубку снижается примерно вдвое.

**5.147.** Контроль за распространением раствора в процессе бетонирования производится с помощью контрольных труб, перфорированных по всей длине продолговатыми прорезями или отверстиями в опалубке диаметром 10 мм.

Для определения уровня раствора в контрольные трубы опускается поплавковое устройство или электрический щуп.

**5.148.** Вибронагнетательный метод как разновидность раздельной технологии бетонирования монолитных конструкций отличается тем, что при нагнетании цементно-песчаного раствора в межзерновое пространство уложенного в опалубку крупного заполнителя, производится одновременное вибрирование крупного заполнителя, цементно-песчаного раствора и образующейся бетонной смеси. Благодаря вибрированию повышается подвижность раствора и улучшаются фильтрационные свойства крупного заполнителя, что способствует получению бетонов марки 300 и выше.

Особенностью технологического процесса при бетонировании конструкций вибронагнетательным методом является необходимость в ряде случаев одновременного осуществления таких производственных операций, как досыпка крупного заполнителя, приготовление и нагнетание цементно-песчаного раствора, вибрирование и подъем оборудования.

Для осуществления вибрационной проработки используются в основном глубинные вибраторы с удлиненными штангами.

**5.149.** Монолитные конструкции шириной более 1 м бетонируются с использованием глубинных вибраторов и раствороподающих труб, устанавливаемых отдельно от вибраторов (рис. 47) на удалении, не превышающем радиуса действия последних. Схемы расположения вибраторов и раствороподающих труб определяются шириной конструкции.

В конструкциях шириной $B$, не превышающей $R\sqrt{2}$ (где $R$ — радиус действия глубинного вибратора), принимается однорядное расположение раствороподающих труб и вибраторов (рис. 48). При этом расстояние $l$ между вибраторами находится по графику, приведенному на рис. 49, в зависимости от ширины конструкции $B$.

При ширине конструкции $B_1$, превышающей значение $R\sqrt{2}$ не более чем в два раза, оборудование размещается следующим образом: вибраторы располагаются двумя линиями по длине конструкции; расстояние между вибраторами определяется по графику на рис. 49, причем значение $B$ принимается равным половине ширины конструкции, т. е. $B=0{,}5\ B_1$; раствороподающие трубы располагаются посредине конструкции вдоль ее длины в одну линию на расстоянии $2l$ одна от другой.

**5.150.** Конструкции шириной $B_1$, превышающей $2B$, делятся на блоки бетонирования установкой между ними металлической сетки-опалубки. При этом для обеспечения монолитности конструкций бетонирование очередного соседнего блока должно производиться до начала схватывания цемента в нижних слоях предыдущего блока.

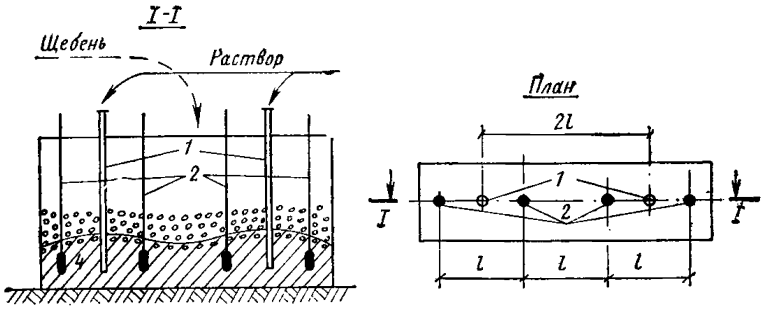



**Рис. 47. Схема распространения раствора при его нагнетании через трубы с вибрированием крупного заполнителя**

*1* — раствороподающие трубы; *2* — внутренние вибраторы

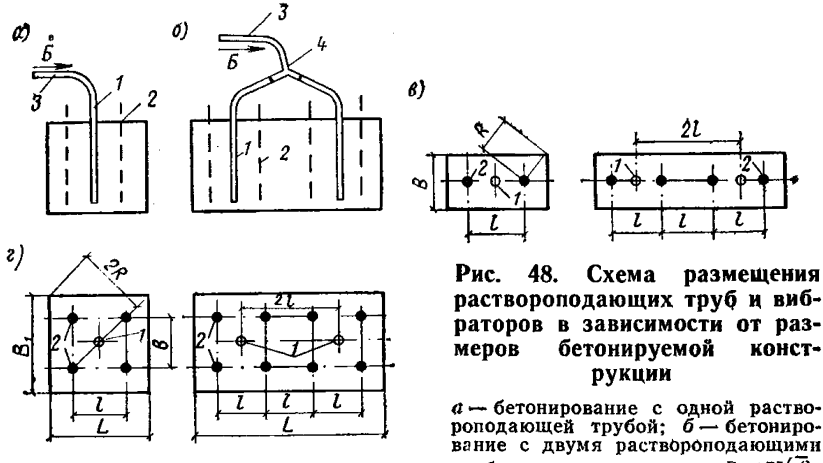



**Рис. 48. Схема размещения раствороподающих труб и вибраторов в зависимости от размеров бетонируемой конструкции**

*а* — бетонирование с одной раствороподающей трубой; *б* — бетонирование с двумя раствороподающими трубами: *в* — план при $B \leqslant R\sqrt{2}$; *г* — план при $B < B_1 \leqslant 2B$; *1* — раствороподающая труба; *2* — внутренние вибраторы; *3* — раствороподающий рукав; *4* — тройник

**5.151.** Раствороподающие трубы и вибраторы объединяются в вибропакеты; при бетонировании прямолинейных конструкций число труб в одном пакете, как правило, не должно превышать двух. Максимальная длина блоков, бетонируемых за один прием, составляет: при подаче раствора одной трубой $L = 2l$ (рис. 48, *а*), при подаче раствора по двум трубам $L = 4l$ (рис. 48, *б*). Конструкции, имеющие длину, превышающую указанные выше максимальные значения, разделяются по длине на блоки бетонирования установкой металлической опалубки-сетки. Бетонирование их должно вестись так, чтобы обеспечивалась необходимая монолитность конструкций.

**5.152.** К конструкциям вибропакетов предъявляются следующие требования:

раствороподающие трубы и вибраторы должны крепиться на жестких траверсах, способных воспринять горизонтальные и вертикаль-

ные нагрузки и служить для извлечения пакета из бетонируемой конструкции;

рабочие части вибраторов должны подвешиваться к траверсам на штангах, способных воспринять на себя крутящий момент, возникающий при взаимодействии работающей булавы с крупным заполнителем и бетонной смесью, а также растягивающие усилия — при подъеме вибраторов вверх;

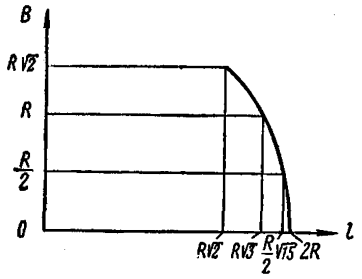



**Рис. 49. Зависимость расстояния между вибраторами *l* от ширины конструкции *B***

над рабочими частями вибраторов должны устраиваться специальные защитные кожухи, служащие для восприятия вертикальных нагрузок при извлечении вибраторов; во избежание перегрузки вибраторов защитные кожухи не должны соприкасаться с их рабочими частями;

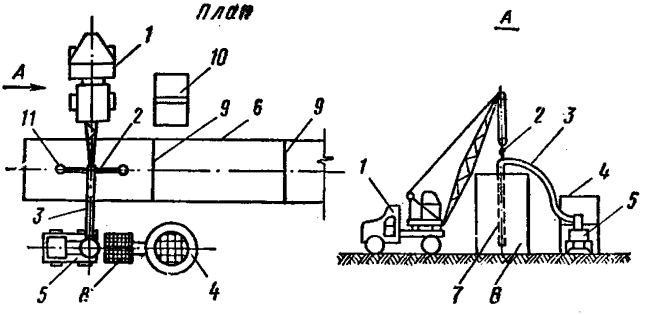



**Рис. 50. Схема размещения оборудования при бетонировании конструкций вибронагнетательным методом**

*1* — автокран; *2* — траверса; *3* — резиньотканевой рукав; *4* — турбулентный смеситель; *5* — растворонасос; *6* — опалубка; *7* — растворопадающая труба; *8* — вибросито; *9* — разделительная перегородка (металлическая сетка); *10* — приемный бункер для крупного заполнителя; *11* — вибропакет

конструкция штанг — подвесок вибраторов и растворопадающих труб должна допускать возможность изменения их длины в процессе бетонирования;

для большей универсальности вибропакетов в их конструкциях должны быть устройства, позволяющие изменять расстояние между растворопадающими трубами и вибраторами.

5.153. При бетонировании конструкций шириной менее 1 м подача цементно-песчаного раствора может производиться через отверстия в опалубке, защищенные проволочными спиралями, а вибрирование — внутренними или наружными навесными вибраторами. Расположение отверстий для нагнетания раствора по длине конструкций, а также вибраторов выбирается в соответствии с рекомендациями п. 5.149. По высоте конструкции расстояние между отверстиями не должно превышать 1,5 м.

5.154. Подъем вибропакета в процессе бетонирования следует начинать по достижении раствором верха рабочей части вибраторов, что определяется измерением положения уровня раствора в контрольных трубах. После подъема вибропакета на длину одного звена труб-подвесок и раствороподающих труб (при бетонировании конструкций большой высоты) удаляются очередные их звенья; продолжительность работ по удалению звеньев труб должна быть минимальной и во всех случаях не превышать 30 мин.

5.155. Контролю подлежат: качество используемых материалов, работа механизмов, количество поданного в конструкцию цементно-песчаного раствора, положение раствора в межзерновом пространстве крупного заполнителя, качество получаемого в конструкции бетона. Он осуществляется аналогично контролю, проводимому при бетонировании конструкций другими способами раздельной укладки бетона.

Примечание. В качестве примера на рис. 50 приведена схема организации рабочего места при бетонировании конструкций вибронагнетательным методом.

# 6. УХОД ЗА БЕТОНОМ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

## Выдерживание бетона и уход за ним

6.1. В соответствие с указаниями СНиП III-В.1-70 при выдерживании уложенного бетона в начальный период его твердения необходимо поддерживать благоприятный температурно-влажностный режим, предотвращать значительные температурно-усадочные деформации и предохранять от механических повреждений.

Мероприятия по выдерживанию и уходу за бетоном должны быть предусмотрены в проекте или разработаны лабораторией и руководством строительства.

6.2. В летнее и особенно жаркое время поверхность свежеуложенного бетона должна быть защищена от действия прямых солнечных лучей и ветра. Это достигается укрытием бетона брезентом или мешковиной, которые должны поддерживаться во влажном состоянии. При отсутствии названных возможностей поверхность бетона может быть закрыта слоем влажных опилок или песка, которые насыпаются через 3—4 ч после укладки бетона и поливаются рассеянной струей воды из брандспойта до 5 раз в день. Одновременно в теплое и жаркое время увлажняется и деревянная опалубка. Уход должен продолжаться в течение 7—14 дней в зависимости от погоды и вида применяемого цемента до достижения бетоном прочности 50—70% проектной. В жаркое время года можно использовать метод покры-

вающих бассейнов в соответствии с рекомендациями гл. 9 настоящего Руководства.

**6.3.** При выполнении значительных объемов работ при устройстве полов, покрытии дорог и т. п. можно применять передвижные укрытия — колпаки из брезента, мешковины или пленки, которые надвигаются на свежеуложенный бетон по боковым ограждающим доскам. Количество таких колпаков должно обеспечивать выдерживание бетона до приобретения им прочности 6—8 кгс/см², после чего поверхность бетона можно укрыть опилками, песком или залить водой. Эти же колпаки защитят свежеуложенный бетон от дождя. Колпаки должны быть закрыты со всех сторон, чтобы устранить сквозное продувание под ними и не допустить быстрого высыхания бетона. При отсутствии материалов для устройства укрытий поверхности бетона, не предназначенной для монолитного контакта с бетоном и раствором, могут вместо укрытия и поливки покрываться специальными пленкообразующими составами.

Для этой цели применяются эмульсии на основе битумов БН-I, БН-II или БН-III или битумов нефтяных дорожных БНД-130/200, 60/90. Пленкообразующие эмульсии следует наносить через 2—3 ч после укладки бетона с помощью краскопультов или пневматических пистолетов-разбрызгивателей.

Приготовление битумных эмульсий выполняется по специальным техническим указаниям Минтрансстроя ВСН 35-70.

**6.4.** В осеннее и весеннее время года при температуре воздуха +5° С и ниже, когда возможны заморозки, необходимо иметь материалы для утепления открытых поверхностей бетона. Время выдерживания бетона при укрытии назначается с учетом роста прочности уложенного бетона, определяемого лабораторией по испытанию контрольных образцов, находившихся в условиях твердеющего бетона конструкции.

**6.5.** Уход за бетоном в зимнее время года изложен в гл. 7 настоящего Руководства. Регулирование температурного режима в бетоне массивных сооружений (фундаментов, подпорных стен и др.) должно выполняться по указаниям проекта сооружения или проекта производства работ. В частности, при внезапном наступлении холодной погоды еще не остывшие массивы и сооружения большой протяженности для устранения появления трещин не следует распалубливать, если это возможно, или следует укрыть теплоизоляционными материалами или брезентами, края которых привалить сухой землей.

**6.6.** При возможности повреждения свежеуложенного бетона движущимися грунтовыми водами необходимо его оградить от размыва на 5—10 сут до достижения прочности не ниже 50 кгс/см².

**6.7.** Движение людей по забетонированным конструкциям, а также установка на них лесов и опалубки для возведения вышележащих конструкций допускается при достижении бетоном прочности не ниже 15 кгс/см², что устанавливается лабораторией строительства.

**6.8.** Движение автотранспорта и других машин по забетонированным конструкциям разрешается после достижения бетоном прочности, предусмотренной в проекте производства работ или по согласованию с проектной организацией.

**6.9.** Снятие боковых элементов опалубки, не несущих нагрузки от веса конструкций, допускается по достижении бетоном прочности, обеспечивающей сохранность поверхности и кромок углов от повреждения при распалубке. При отсутствии необходимости повторного использования опалубки целесообразно снимать ее не ранее 3, 5,

7 дней в зависимости от погоды и немедленно защищать бетон от высушивания летом и охлаждения осенью.

Снятие несущей опалубки железобетонных конструкций допускается только после достижения бетоном прочности, соответствующей данным табл. 11 СНиП III-В.1-70.

## Контроль качества бетона

**6.10.** Контроль качества бетона заключается в проверке соответствия его физико-механических характеристик требованиям проекта.

**6.11.** Обязательной является проверка прочности бетона на сжатие. Бетон для дорожного и аэродромного строительства следует испытывать также на растяжение при изгибе.

Испытания бетона на прочность при осевом растяжении, растяжении при изгибе, на морозостойкость и водонепроницаемость производятся по требованию проекта.

**6.12.** Прочность при сжатии, водонепроницаемость и морозостойкость бетона следует проверять на контрольных образцах, изготовленных из проб бетонной смеси, отобранных после ее приготовления на бетонном заводе, а также непосредственно на месте бетонирования конструкций (за исключением случаев, оговоренных в пп. 6.3 и 6.4).

Остальные физико-механические характеристики бетона определяются по контрольным образцам, изготовленным из проб, отобранных на бетонном заводе.

Примечания: 1. Пробой называется порция бетонной смеси одного состава, отобранная из одного замеса или из одной транспортной емкости для изготовления одной или нескольких серий образцов.

2. Пробы следует отбирать от случайных замесов. При этом пробы не рекомендуется отбирать из первых и последних порций бетона, а также из двух соседних замесов.

3. Серией образцов называется группа контрольных образцов-кубов, изготовленных из одной пробы бетонной смеси, твердевших в одинаковых условиях и испытанных в одном возрасте.

**6.13.** Контроль качества бетона в конструкциях и сооружениях осуществляется:

по требованию проекта или специальных нормативных документов;

когда имеются опасения, что качество уложенного бетона по каким-либо причинам не соответствует требованиям проекта;

для принятия решения о возможности применения конструкции, сооружения или его части в случаях, когда определенные по специально изготовленным контрольным образцам физико-механические свойства бетона оказываются ниже проектных.

**6.14.** Контроль качества бетона в конструкциях и сооружениях можно производить:

а) испытанием на прочность, морозостойкость и водонепроницаемость выбуренных кернов;

б) нагнетанием воды в скважины после выбуривания кернов или скважин (без обязательного извлечения кернов) для определения водопоглощения бетона;

в) неразрушающими методами контроля прочности бетона.

**6.15.** У места укладки бетонной смеси должен производиться си-

стематический контроль ее подвижности. Целесообразно проверять подвижность бетонной смеси тех же замесов, из которых отбирают пробы для изготовления контрольных образцов.

Случаи отклонения подвижности от заданной должны немедленно сообщаться лаборатории бетонного завода для выяснения причин и при необходимости корректировки состава.

**6.16.** Контрольные образцы бетона, изготовленные из проб бетонной смеси на бетонном заводе, должны храниться в камере нормального твердения до момента испытаний их в возрасте, соответствующем достижению проектной марки.

**6.17.** Контрольные образцы, изготовленные у места бетонирования, должны храниться в условиях твердения бетона конструкции.

При производстве бетонных работ без обогрева бетона конструкции контрольные образцы располагают для хранения вблизи конструкций, предусмотрев меры против их повреждения.

Образцы должны быть укрыты от ветра, затенены, к ним должен быть обеспечен доступ воздуха со всех сторон. Для этого следует устанавливать образцы на узкие рейки промежутками 5—10 см между поверхностями соседних граней.

В случаях применения прогревных методов, а также выдерживания бетона методом термоса, контрольные образцы рекомендуется хранить в переносной камере с терморегулированием, обеспечивающей поддержание равенства температур бетона конструкции и контрольных образцов.

**6.18.** При доставке контрольных образцов со строительной площадки в лабораторию для испытаний рекомендуется для предотвращения разрушения, околов углов перевозить их в ящиках с опилками или песком.

**6.19.** Методика испытания контрольных образцов должна быть постоянной.

**6.20.** Сроки испытания образцов нормального хранения должны строго соответствовать предусмотренным проектной маркой (28 сут, 90 сут и т. д.).

Сроки испытаний контрольных образцов, выдерживаемых в условиях твердения конструкций назначаются лабораторией в зависимости от фактических условий вызревания бетона конструкций с учетом необходимости достижения к моменту испытаний проектной марки.

**6.21.** Прочность бетона при сжатии следует контролировать и оценивать в соответствии с требованиями ГОСТ 18105—72 «Бетоны. Контроль и оценка однородности и прочности».

**6.22.** В качестве основного метода контроля следует применять систематический статистический контроль.

**6.23.** Контроль и оценка прочности бетона при сжатии с применением нестатистического метода допускается в следующих случаях.

при бетонировании отдельных монолитных конструкций, когда небольшие объемы бетона не позволяют получить в установленные сроки необходимое для статистического контроля количество серий контрольных образцов;

при контроле прочности бетона, изготовленного на инвентарных и передвижных приобъектных бетоносмесительных узлах мощностью менее 15 м³/ч, обеспечивающих бетонной смесью только данный строящийся объект, а также при изготовлении бетонной смеси автобетоносмесителями из сухих составляющих. В этом случае допускается производить контроль прочности бетона по образцам из проб,

отобранных на месте бетонирования. Образцы изготовляются из проб, отбираемых не реже одного раза в неделю, и испытываются в 28-дневном возрасте после твердения в нормальных условиях.

**6.24.** На объектах с общим объемом работ менее 50 м$^3$, получающих товарную бетонную смесь с заводов и установок, расположенных на расстоянии не более 20 км, допускается оценка прочности бетона по данным лаборатории завода-изготовителя бетонной смеси без изготовления контрольных образцов на месте укладки.

Примечание. Это указание не распространяется на бетонирование ответственных каркасных и толстостенных конструкций (балок, колонн, плит перекрытий и покрытий, а также монолитных стыков сборных конструкций).

## Контроль качества и оценка однородности и прочности бетона при сжатии статистическим методом

**6.25.** Подготовка лаборатории стройки к применению статистического метода контроля и оценки прочности и однородности бетона включает обучение персонала лаборатории и тщательную проверку лабораторного оборудования, в том числе:

а) состояния форм для контрольных образцов;

б) режима работы лабораторной виброплощадки и качества уплотнения бетона образцов;

в) состояния измерительных инструментов и приборов;

г) прессов и методику испытаний образцов на прочность при сжатии;

д) правильности режима работы камеры нормального твердения образцов, наличия прокладок для многоярусного хранения образцов, правильности работы термометра и психрометра.

**6.26.** Для контроля прочности бетона на строительной площадке статистическим методом подлежащие бетонированию конструкции разбиваются на технологические комплексы.

В качестве технологического комплекса условно принимают группу одновременно бетонируемых и выдерживаемых в одинаковых условиях монолитных конструкций из бетона одного состава.

**6.27.** Бетон технологического комплекса разбивается на партии. В качестве партии принимается объем бетона, уложенного в конструкции одного технологического комплекса за период, не превышающий одни сутки.

**6.28.** Для контроля от каждой партии бетона следует отбирать не менее двух проб из разных замесов (или транспортных емкостей).

Каждая проба по объему должна обеспечить изготовление одной серии образцов, предназначенной для контроля прочности в возрасте, соответствующем достижению проектной марки, и дополнительных серий для промежуточного нестатистического контроля прочности в соответствии с требованиями проекта и нормативных документов.

**6.29.** Каждая серия, как правило, состоит из трех контрольных образцов.

Контрольные образцы изготовляются и испытываются в соответствии с требованиями ГОСТ 10180—67 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности» или ГОСТ 11050—64 «Бетон легкий на пористых заполнителях. Методы определения прочности и объемного веса».

**6.30.** Под оценкой прочности бетона на сжатие понимается установление соответствия фактической прочности бетона ($R^{\Phi}$), определяемой по результатам испытания контрольных образцов, требуемой прочности бетона в партии и в серии (табл. 20) с учетом фактической однородности бетона, характеризуемой партионным коэффициентом вариации, полученным по данным завода-изготовителя бетонной смеси.

**6.31.** Для оценки прочности бетона необходимо по фактической прочности в партии и в серии, а также по коэффициенту вариации прочности $V_{\text{п}}$, полученному от завода-изготовителя, по табл. 20 определить величину требуемой прочности бетона.

Как видно из данных табл. 20, величины требуемых значений прочности бетона для партии (в зависимости от $V_{\text{п}}$ и $n$) изменяются от 80 до 118% нормируемых величин $R$, а величины требуемых прочностей для отдельных серий $R_{\text{с}}^{\text{т}}$ изменяются от 77 до 100% нормируемых величин $R$.

В случае необходимости данные табл. 20 интерполируют с округлением до целых процентов.

После определения величин требуемых прочностей необходимо сравнить их с величинами фактических прочностей.

**6.32.** Прочность бетона в партиях товарного или монолитного бетона признается отвечающей требуемой, если:

фактическая средняя арифметическая прочность бетона всех серий, характеризующих данную партию $R_{\text{п}}^{\Phi} = \dfrac{\Sigma R_{\text{с}}^{\Phi}}{n}$, будет не менее требуемой партионной прочности, т. е. $R_{\text{п}}^{\Phi} \geqslant R_{\text{п}}^{\text{т}}$;

фактическая прочность бетона в каждой отдельной серии $R_{\text{с}}^{\Phi}$, относящейся к данной партии (при $n<6$) будет не менее требуемой серийной прочности $R_{\text{с}}^{\text{т}}$, т. е. $R_{\text{с}}^{\Phi} \geqslant R_{\text{с}}^{\text{т}}$. При оценке прочности бетона в партии по шести и более пробам ($n>6$) фактическая прочность бетона в 15% серий контрольных образцов может быть ниже величины требуемой серийной прочности, так как $R_{\text{с}}^{\Phi} < R_{\text{с}}^{\text{т}}$.

**6.33.** Когда величины фактической прочности партий бетона оказываются меньше соответствующих величин требуемой прочности, эти партии бетона должны быть забракованы.

При этом необходимо согласовать возможность использования забетонированных конструкций с организацией, проектирующей здание или сооружение или осуществляющей авторский надзор за их строительством.

Вопрос о повторном контроле прочности бетона конструкций и ее оценке при увеличении сроков твердения решается в зависимости от конкретных условий производства (наличие средств неразрушающего контроля, дополнительных контрольных образцов бетона и т. д.).

*Пример определения прочности бетона в конструкциях статистическим методом*

На разных участках строительной площадки бетонируют:

фундаменты под колонны заводского корпуса из бетона марки 200;

подпорные стенки из бетона марки 250;

фундаменты под компрессоры из бетона марки 200;

Таблица 18

**Требуемая средняя прочность бетона в партии и в серии контрольных образцов**

| Партионный коэффициент вариации $V_п$, % (по данным завода-изготовителя) | $\frac{R_п^т/R \cdot 100}{R_с^т/R \cdot 100}$ при $n$, равном | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 6 |
| 4 | 81 / 78 | 81 / 78 | 81 / 78 | 80 / 77 |
| 5 | 84 / 79 | 83 / 79 | 83 / 79 | 83 / 78 |
| 6 | 86 / 81 | 85 / 80 | 85 / 80 | 85 / 80 |
| 7 | 88 / 82 | 88 / 82 | 87 / 81 | 87 / 81 |
| 8 | 91 / 84 | 90 / 83 | 90 / 83 | 89 / 82 |
| 9 | 94 / 85 | 93 / 85 | 92 / 84 | 92 / 84 |
| 10 | 97 / 88 | 96 / 87 | 95 / 86 | 94 / 35 |
| 11 | 100 / 89 | 99 / 88 | 98 / 88 | 97 / 87 |
| 12 | 103 / 91 | 102 / 90 | 101 / 89 | 100 / 88 |
| 13 | 106 / 93 | 105 / 92 | 104 / 91 | 103 / 90 |
| 14 | 110 / 96 | 108 / 94 | 107 / 93 | 106 / 92 |
| 15 | 114 / 98 | 112 / 96 | 111 / 95 | 110 / 94 |
| 16 | 118 / 100 | 116 / 99 | 115 / 97 | 113 / 96 |

Примечание. В таблице величина требуемой прочности дана в процентах от нормируемой. Каждому сочетанию $V_п$ и $n$ соответствуют два числа, поставленные в числителе и знаменателе. Числитель является величиной требуемой прочности бетона в партии, а знаменатель — величиной требуемой прочности бетона в каждой отдельной серии, относящихся к данной партии.

конструкции конвейерной эстакады из бетона марки 250;

резервуары очистных сооружений из бетона марки 300; В-6 и Мрз 200.

С учетом характера и степени армирования конструкций строительная лаборатория назначила одинаковую подвижность и одинаковый состав бетонной смеси для бетона одной марки.

Проектом производства работ предусмотрено одновременное бетонирование фундаментов под колонны и компрессоры с темпом укладки в смену 200 м$^3$; подпорной стенки и конструкции эстакады с темпом бетонирования 55 м$^3$ в смену.

Бетонирование резервуара сменным объемом 15 м$^3$. Все бетонируемые конструкции разбиваем на три технологических комплекса:

комплекс 1 — фундаменты под колонны и компрессоры;

комплекс 2 — подпорная стенка и конструкции эстакады;

комплекс 3 — резервуары очистных сооружений.

В качестве партии принимаем объем бетона, укладываемый за две смены.

Для комплекса 1 объем партии составит ориентировочно 400 м$^3$; для комплекса 2 — 110 м$^3$; для комплекса 3 — 30 м$^3$.

Для каждого технологического комплекса лаборатория назначила минимально допустимый объем контроля — две пробы, из которых изготавливаются по одной серии образцов для контроля прочности бетона. Кроме того, для технологического комплекса 2 отбирается одна проба один раз в трое суток и из нее изготовляется дополнительная серия образцов для контроля распалубочной прочности бетона.

Весь бетон на строительство поступает с одного завода. Завод направляет документы, подтверждающие коэффициенты варнации прочности бетона.

Для бетонов марок 200 и 250 коэффициент вариации 15%, для бетона марки 300, В-6 Мрз 200—9%.

Лаборатория строительства определяет величину требуемой прочности бетона по табл. 20:

для технологического комплекса 1 при $V_п = 15\%$ и $n = 2$

$$R_п^т = \frac{114}{100} R = \frac{114}{100} 200 \text{ кг/см}^2 = 228 \text{ кг/см}^2;$$

$$R_с^т = \frac{98}{100} R = \frac{98}{100} 200 \text{ кг/см}^2 = 196 \text{ кг/см}^2;$$

для технологического комплекса 2 при $V_п = 15\%$ и $n =$

$$R_п^т = \frac{114}{100} R = \frac{114}{100} 250 \text{ кг/см}^2 = 285 \text{ кг/см}^2;$$

$$R_с^т = \frac{98}{100} R = \frac{98}{100} 250 \text{ кг/см}^2 = 245 \text{ кг/см}^2;$$

для технологического комплекса 3 при $V_п = 9\%$ и $n = 2$

$$R_п^т = \frac{94}{100} R = \frac{94}{100} 300 \text{ кг/см}^2 = 282 \text{ кг/см}^2;$$

$$R_c^т = \frac{85}{100} R = \frac{85}{100} 300 \text{ кг/см}^2 = 255 \text{ кг/см}^2.$$

С учетом фактических температур наружного воздуха лаборатория выдерживает бетон в образцах до набора им марочной прочности и производит испытание, определяя среднюю партионную прочность $R_п^ф = \frac{\Sigma R_c^ф}{n}$ и фактическую прочность бетона в каждой серии $R_c^ф$. Эти определения делаются по каждому технологическому комплексу.

После чего производится сравнение фактических прочностей с требуемой и дается оценка прочности бетона для каждого комплекса в соответствии с рекомендациями пп. 6.32 и 6.33.

**6.34.** Нестатистический контроль прочности бетона разрешается в случаях, оговоренных п. 6.23 настоящего Руководства.

**6.35.** При нестатистическом контроле сохраняются нормы отбора контрольных проб бетона, их хранения и испытаний. Сохраняются также все условия контроля прочности, включая методы определения фактической прочности бетона. Оценка прочности бетона при нестатистическом контроле производится путем сравнения фактической прочности ($R_п^ф$, $R_c^ф$) бетона с соответствующими величинами нормируемой прочности ($R$).

**6.36.** Прочность бетона при нестатистическом контроле признается отвечающей требованиям техдокументации, если одновременно выполняется два условия:

фактическая средняя прочность бетона всех серий контрольных образцов, относящихся к партии (или к контрольному периоду), будет не менее 110% нормируемой, т. е. $R_c^ф \geqslant 1{,}1\ R$;

фактическая прочность бетона каждой отдельной серии в партии будет не ниже 95% нормируемой, т. е. $R_c^ф \geqslant 0{,}95$ R.

**6.37.** Запись данных о прочности для бетона монолитных конструкций в акте на приемку конструкций или сооружений производится в следующем виде:

«Проектная марка бетона (например, 100), требуемая по ГОСТ 18105—72 прочность бетона (например, 110 кг/см$^2$), фактическая прочность бетона (например, 115 кг/см$^2$).

## Контроль и оценка морозостойкости бетона

**6.38.** Морозостойкость бетона характеризуется наибольшим числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которые способны выдержать контрольные образцы 28-дневного возраста (или 7-дневного возраста после тепловой обработки) без снижения прочности:

для гидротехнического бетона более чем на 15%;

для обычного тяжелого бетона более чем на 25%.

**6.39.** Определение морозостойкости бетона производят на образцах кубической формы. Размеры образцов в зависимости от наибольшей крупности заполнителя, а также количество контрольных образцов следует выбирать в соответствии с требованиями нормативных документов, регламентирующих методы определения морозо-

стойкости тяжелого бетона и методы испытания гидротехнического бетона.

**6.40.** Отбор проб бетонной смеси для испытаний на морозостойкость следует производить:

на заводах товарного бетона для каждого состава морозостойкого бетона перед началом его производства, а в дальнейшем не реже одного раза в квартал, а также при изменении показателей отдельных компонентов бетонной смеси;

на строительных площадках у места укладки бетонной смеси не реже одного раза в квартал для каждой проектной марки бетона по морозостойкости, а также при изменении состава бетона или характеристики используемых материалов.

**6.41.** Методика проведения испытаний должна назначаться в соответствии с действующими стандартами на методы определения морозостойкости тяжелого бетона и методы испытания гидротехнического бетона.

**6.42.** При определении морозостойкости бетона следует обращать особое внимание на выполнение следующих указаний:

водонасыщение образцов, подлежащих замораживанию, должно производиться в ванне с водой, имеющей температуру 15—20° С. Слой воды над образцами должен быть не менее 2 см. Водонасыщение образцов для определения морозостойкости гидротехнического бетона следует начинать за 4 дня до их испытаний, для обычного тяжелого бетона — за 2 дня;

продолжительность одного цикла замораживания при установившейся температуре в камере не выше — 15° С должна составлять 4—6 ч в зависимости от размера контрольных образцов;

для обеспечения свободного доступа воздуха к образцам их следует помещать в морозильную камеру на специальные контейнеры или стеллажи с расстоянием между образцами не менее 20—50 мм;

по окончании цикла замораживания образцы оттаивают в ванне с водой при температуре 15—20° С в продолжение не менее 2—4 ч.

**6.43.** Замораживание образцов можно производить в морозильных камерах любой конструкции, обеспечивающих возможность охлаждения и поддержания температуры не выше —15° С. В качестве холодильного агрегата может быть рекомендован холодильный фреоновый компрессорно-конденсаторный агрегат АК-ФВ6, выпускаемый Мелитопольским заводом 30-летия ВЛКСМ. Для замораживания образцов может быть использована выпускаемая промышленностью низкотемпературная сборно-разборная камера НКР-1.

Рекомендуется также использование указанной выше камеры НКР-1 в комплекте с агрегатом АК-ФВ6, но без испарительной части.

В этом случае следует предусмотреть поставку НКР-1 без холодильной установки. Характеристики рекомендуемых агрегатов приведены в приложении VIа.

**6.44.** Для установления степени морозостойкости бетона прочность образцов, подвергаемых замораживанию, сравнивают с прочностью контрольных образцов в эквивалентном возрасте. Если прочность замороженных образцов после промежуточного числа циклов испытаний по сравнению с контрольными образцами в эквивалентном возрасте (испытанными в насыщенном водой состоянии) снизится на 15% для гидротехнического бетона или на 25% для тяжелого бетона, то испытания на морозостойкость прекращают.

## Контроль и оценка водонепроницаемости бетона

**6.45.** Водонепроницаемость характеризуется наибольшим давлением воды, при котором еще не наблюдается просачивание ее через испытываемые образцы.

**6.46.** Отбор проб для оценки водонепроницаемости бетона следует производить:

на заводах товарного бетона и стационарных бетоносмесительных узлах — для каждого состава водонепроницаемого бетона перед началом его производства, а в дальнейшем не реже одного раза

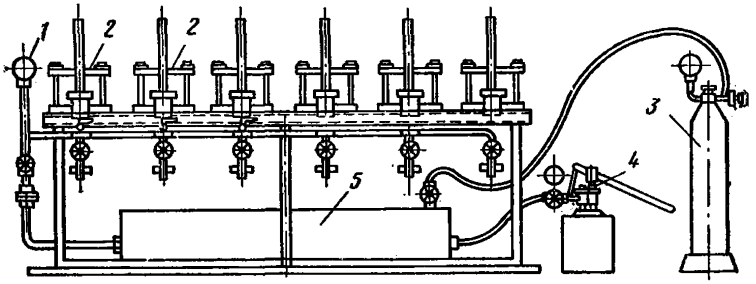



**Рис. 51. Прибор для испытания на водонепроницаемость (конструкция Ленинградского института сооружений)**

*1* — манометр; *2* — зажимные фланцы; *3* — баллон со сжатым воздухом; *4* — водяной насос; *5* — компенсатор давления

в квартал, а также при изменении показателей отдельных компонентов бетонной смеси;

на строительных площадках (у места укладки бетонной смеси) — не реже одного раза в квартал для каждой проектной марки бетона по водонепроницаемости, а также при изменении состава бетона или характеристик используемых материалов.

**6.47.** Определение водонепроницаемости бетона конструкций толщиной 150 мм и более производят по ГОСТ 4800—59 на контрольных образцах-цилиндрах диаметром и высотой 150 мм, а также на образцах, имеющих форму усеченного конуса с диаметром основания и высотой 150 мм. На каждый срок испытания должно быть изготовлено по шесть контрольных образцов.

**6.48.** Испытания по ГОСТ 4800—59 производят водой под давлением. При этом вода подается снизу, а наблюдения ведутся за верхней поверхностью контрольных образцов. Устанавливается следующий режим испытания:

задают первоначальное избыточное давление воды 1 кгс/см$^2$;

через каждые 8 ч давление повышают на 1 кгс/см$^2$;

испытания проводят в помещении с относительной влажностью воздуха не менее 60% и температурой 20° С.

**6.49.** За показатель водонепроницаемости бетона, испытываемого по ГОСТ 4800—59, следует принимать то наибольшее давление, при котором на четырех образцах из шести еще не наблюдается просачивание воды.

**6.50.** Определение водонепроницаемости может проводиться на приборе любой конструкции, обеспечивающей подвод воды к нижней

поверхности испытуемого образца и соблюдение указанных в п. 6.48 режимов испытания. В частности, может быть использован прибор, конструкция которого представлена на рис. 51.

**6.51.** Для конструкций толщиной до 15 см допускается проводить испытания на водонепроницаемость бетона на образцах-плитках размером в плане 20×20 или 15×15 см и толщиной, соответствующей толщине конструкции. Испытательное давление должно превышать не менее чем в 1,5 раза давление, воспринимаемое конструкцией.

**6.52.** Продолжительность испытаний для образцов толщиной до 3,5 см — не менее 24 ч; 4—6 см — не менее 48 ч; 7—15 см — не менее 72 ч.

## Контроль качества бетона в сооружениях и конструкциях

**6.53.** Физико-механические характеристики бетона допускается определять по результатам испытаний образцов-кернов цилиндрической формы, высверленных из тела конструкций или сооружения.

**6.54.** Число и расположение скважин для извлечения кернов устанавливается лабораторией строительства совместно с проектной организацией. Число скважин должно быть не менее 2—3 на исследуемый блок.

**6.55.** Образцы необходимо высверливать из конструкции в таких местах, чтобы прочность и несущая способность конструкций не снижались. При этом высверливание кернов из конструкции следует производить по достижении бетоном прочности не менее 50% проектной, определение которой может производиться неразрушающими методами.

При выборе участка конструкции или сооружения для высверливания бетонных образцов следует избегать наличия в этом месте основной конструктивной арматуры. При невозможности получения образцов без арматуры они могут быть использованы для испытания на сжатие, если направление арматуры перпендикулярно действию силы.

**6.56.** Для высверливания бетонных цилиндров из конструкций и сооружений следует использовать специальные станки и установки, в частности станок передвижной для сверления отверстий в железобетоне ИЭ-1801, серийно выпускаемый Одесским заводом строительно-отделочных машин, а также более компактный и удобный в работе универсальный станок конструкции НИИЖБ — Теплопроект.

**6.57.** Испытания высверленных из тела конструкций или сооружения образцов-цилиндров на прочность, морозостойкость и водонепроницаемость должны проводиться в соответствии с действующими стандартами на методы определения прочности и морозостойкости тяжелого бетона, методы испытания гидротехнического бетона, а также соответствующими методами, изложенными в гл. 6.

**6.58.** Размер кернов рекомендуется назначать в зависимости от массивности конструкции с учетом наибольшей крупности заполнителя, которая не должна превышать $^1/_4$ диаметра цилиндра.

**6.59.** Керны, предназначенные для испытаний на прочность для обычного тяжелого бетона, должны быть диаметром не менее 7 см с соотношением высоты к диаметру равным, как правило, двум, но не меньше. Керны бетона гидросооружений должны быть диаметром 15 и высотой 30 см.

**6.60.** Предназначенные для испытаний на прочность керны должны иметь параллельные отшлифованные грани.

**6.61.** Диаметр и высота кернов для испытаний бетона на водонепроницаемость и морозостойкость должны быть равны 15 см.

**6.62.** Плотность бетона в конструкции оценивается величиной удельного водопоглощения скважины, пробуренной в бетоне. Количество и расположение скважин, а также порядок работ при бурении следует устанавливать в соответствии с пп. 6.54—6.56 настоящей главы Руководства.

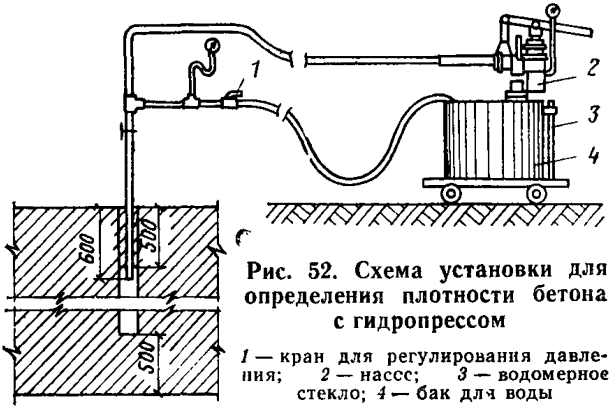



**Рис. 52. Схема установки для определения плотности бетона с гидропрессом**

*1* — кран для регулирования давления; *2* — насос; *3* — водомерное стекло; *4* — бак для воды

Испытание на водопоглощаемость осуществляется путем нагнетания воды в скважину и выдерживания скважины под постоянным давлением при установившемся режиме в течение некоторого времени. (В процессе испытания вода циркулирует в системе, возвращаясь в водомерный бак, из которого производится забор воды насосом.) Расход воды на поглощение ее бетоном и фильтрацию через бетон определяется по изменению уровня в водомерном баке.

**6.63.** Величина удельного водопоглощения относится к 10 м напора на 1 м длины скважины и определяется по формуле

$$n = \frac{Q}{Hl},$$

где $Q$ — удельное водопоглощение скважины при испытании под напором $H$, л/мин;

$H$ — напор, при котором проводилось испытание скважины, атм;

$l$ — длина испытываемой зоны скважины, м.

Кроме определения удельного водопоглощения скважины для оценки плотности бетона во время испытания ведутся наблюдения за выходом воды на поверхностях конструкции.

**6.64.** Контрольные скважины в бетоне пробуриваются вертикально и так, чтобы ствол скважины располагался не ближе 5 см от боковых поверхностей конструкции и не доходил до нижней грани ее на 50 см.

Скважины делают диаметром 50 или 38 мм. Готовая скважина тщательно промывается и продувается.

**6.65.** В устье скважины на глубину 60 см заделывается патрубок диаметром $^1/_2''$ или $1''$ соответственно диаметру скважины (рис. 52). Верхняя часть патрубка на длину 50 см тщательно уплотняется заливкой в кольцевое пространство между патрубком и поверхностью скважины свинца или цементного теста (цемент и вода). При заливке цементным тестом до начала испытания скважина выдерживается в течение 1—3 сут. Чтобы заливка не заполнила рабочей части скважины, на патрубке привязывается тампон из отрезков шпагата или хлопчатобумажных лент, обращенных концами вверх (рис. 53).

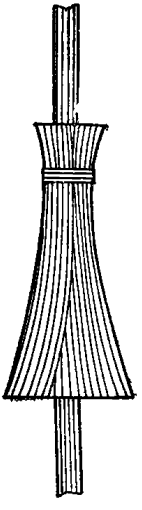


**Рис. 53. Уплотняющий тампон**

Тампон должен плотно входить в скважину и при небольшом приподнимании патрубка перед заливкой он должен плотно закрывать внизу пространство.

Оборудование и трубопровод для нагнетания воды в испытательную скважину и поддержания в ней необходимого давления располагаются по схеме, изображенной на рис. 52.

Перед началом испытания скважины расположенный в ней патрубок с помощью установленного на нем крана (вентиля) отключается от внешней сети и производится проверка на отсутствие течи и потери воды в системе испытательного устройства.

Испытание каждой скважины производится при давлении 3—5 атм. Каждая ступень давления выдерживается по 30 мин после достижения определенного режима давления и поглощения воды. Замеры уровня воды в водомерном баке для каждой ступени давления производятся через промежутки в 5 мин. Во время испытаний отмечаются все обнаруженные выходы воды на поверхностях бетона. Результаты всех наблюдений, отсчетов и замеров при испытании записываются в специальный журнал.

# 7. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

## Общие положения

**7.1.** Способы производства бетонных и железобетонных работ в зимних условиях, т. е. при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже +5° С и минимальной суточной температуре ниже 0° С, должны обеспечивать получение в заданные сроки бетона проектной прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и других свойств, указанных в проекте конструкции, а также сохранение монолитности конструкции.

**7.2.** В бетоне при его раннем замерзании в результате образования льда возникает внутреннее давление. Если бетон замерзает, не достигнув так называемой критической прочности, то под влиянием этого давления происходит частичное разрушение цементного камня

и нарушение его сцепления с заполнителями, которые при дальнейшем твердении в условиях положительных температур полностью не восстанавливаются, в результате чего конечная прочность бетона снижается. Поэтому прочность бетона к моменту возможного замерзания должна быть указана в проекте производства работ и составлять от проектной прочности при сжатии для марок:

100 и 150—50%;

200 и 300—40%;

400 и 500—30%

и 70% проектной прочности независимо от марки бетона для пролетных строений мостов, преднапряженных и особо ответственных железобетонных конструкций;

100% проектной прочности для конструкций, подвергающихся сразу после затвердевания многократному попеременному замораживанию и оттаиванию или действию расчетного давления воды и конструкций, к которым предъявляются специальные требования по морозостойкости, газо- и водонепроницаемости;

50 кгс/см$^2$ для бетонов с противоморозными добавками, а при особых требованиях к бетону по плотности и морозостойкости не менее 50% $R_{28}$.

**7.3.** Бетон, достигший к моменту замерзания критической прочности, проектную прочность приобретает только после оттаивания и выдерживания при положительной температуре в течение не менее 28 сут.

В тех случаях, когда конструкции подлежат загружению нормативной нагрузкой до наступления теплого времени года, требуется обеспечить приобретение бетоном предусмотренной проектом прочности до его замерзания.

**7.4.** Бетонные и железобетонные работы в зимних условиях рекомендуется производить только по специально разработанным технологическим картам, в которых должны быть приведены:

способ и температурно-влажностный режим выдерживания бетона;

данные о материале опалубки с учетом требуемых теплоизоляционных показателей;

данные о пароизоляционном и теплоизоляционном укрытии неопалубленных поверхностей;

схема размещения точек, в которых следует измерять температуру бетона, и наименования приборов для ее измерения;

ожидаемые величины прочности бетона;

сроки и порядок распалубливания и загружения конструкции.

В случае применения электротермообработки бетона в технологических картах дополнительно указываются:

схемы размещения и подключения электродов или электронагревателей;

требуемая электрическая мощность, напряжение, сила тока;

тип понижающего трансформатора, сечения и длины проводов.

**7.5.** Температурно влажностное выдерживание бетона в зимних условиях можно производить·

способом термоса;

с применением противоморозных добавок;

с электротермообработкой бетона;

с обогревом бетона паром, горячим воздухом, в тепляках.

При выборе способа выдерживания бетона следует в первую

очередь рассмотреть возможность использования способа термоса, способа термоса с добавками — ускорителями твердения. При невозможности получить с помощью этого способа требуемую прочность бетона в заданные сроки необходимо последовательно рассмотреть возможность применения бетона с противоморозными добавками,

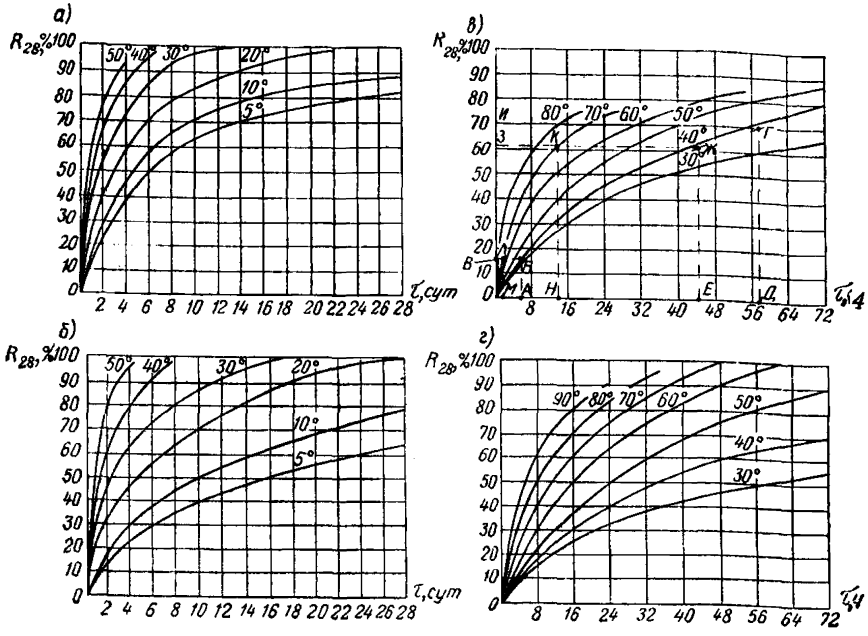



**Рис. 54. Графики нарастания прочности бетона**

*а* — при температуре до 40° С — на портландцементах марок 400—500; *б* — то же, на шлакопортландцементах марок 300—400; *в* — при прогреве на портландцементах марок 400—500; *г* — то же, на шлакопортландцементах марок 300—400

способов электротермообработки, обогрева паром, горячим воздухом, в тепляках.

Рекомендуемые способы выдерживания бетонных и железобетонных конструкций в зависимости от модуля поверхности приведены в табл. 19.

**7.6.** Для предварительного определения сроков выдерживания бетона до приобретения требуемой прочности при различных температурах твердения следует пользоваться графиками рис. 54.

**Пример 1.** Определить продолжительность изотермического прогрева бетона при температуре 70° С в конструкции с $M_п=4$ на портландцементе марки 400 до приобретения прочности 70% $R_{28}$ к концу остывания до 8° С. Начальная температура бетона +10° С. Скорость подъема температуры 10° в час, остывания 5°в час.

**Решение.** Определяем величину относительной прочности за период подъема температуры. Продолжительность подъема температуры $\frac{70-10}{10}=6$ ч при средней температуре $\frac{70+10}{2}=40°$ С. Для этого из

точки $A$ (рис. 54, *в*) проводим перпендикуляр до пересечения с кривой прочности при 40° С (точка $Б$). Величина прочности за время подъема температуры определяется проекцией точки $Б$ на ось ординат (точка $B$) и составляет 15%.

Определяем величину относительной прочности бетона при остывании за $\frac{70-8}{5} \cong 12$ ч при средней температуре 38° С, которая определяется из формулы (23). Из точки $Г$, находящейся на пересечении прямой, соответствующей 70% $R_{28}$, с кривой прочности при 38° С, опускаем перпендикуляр на ось абсцисс (точка $Д$), откладываем влево от точки $Д$ отрезок, соответствующий продолжительности остывания 12 ч (точка $Е$), и проводим из точки $Е$ перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривой прочности при 38° С (точка $Ж$). Проекция отрезка $ГЖ$ на ось ординат характеризует прочность бетона, приобретенную в процессе остывания (точки $З$—$И$), и составляет 9% $R_{28}$.

Определяем продолжительность изотермического прогрева как проекцию отрезка $КЛ$ кривой прочности при 70° С на ось абсцисс (отрезок $МН$), которая соответствует 12 ч.

**Пример 2.** Определить прочность бетона в конструкции с $M_п=4$ на портландцементе марки 400 при скорости подъема температуры 10° в час, температуре изотермического прогрева 70° С и его продолжительности 12 ч и остывании со скоростью 5° в час до конечной температуры +8° С.

**Решение.** Определяем величину относительной прочности бетона за период подъема температуры, как и в примере 1. Она составляет 15% $R_{28}$ (точка $B$ на оси ординат, рис. 54, *в*).

Определяем прирост относительной прочности при изотермическом прогреве за 12 ч как проекцию участка (точки $Л$, $К$) кривой прочности при 70° С (отрезок $ВЗ$), что соответствует 46% $R_{28}$.

Определяем прирост прочности бетона за 12 ч остывания по кривой прочности при 38° С как проекцию участка $ЖГ$ на ось ординат. Отрезок $ЗИ$ соответствует 9% $R_{28}$.

За весь цикл термообработки бетон приобретает прочность 15+46+9=70% $R_{28}$.

Для каждого конкретного состава бетона строительной лабораторией должен быть уточнен на опытных образцах-кубах оптимальный режим выдерживания.

Таблица 19

**Рекомендуемые способы выдерживания бетонных и железобетонных конструкций**

| Наименование конструкции | Модуль поверхности * | Рекомендуемый способ |
|---|---|---|
| Массивные бетонные и железобетонные фундаменты | До 3 | Способ термоса. Способ термоса с применением ускорителей твердения бетона при температуре наружного воздуха ниже —20° С. Бетон с противоморозными добавками при более низких температурах |

*Продолжение табл. 19*

| Наименование конструкции | Модуль поверхности* | Рекомендуемый способ |
|---|---|---|
| Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т. п. | 3—6 | Способ термоса. Способ термоса с применением ускорителей твердения. Бетон с противоморозными добавками. При необходимости получения заданной прочности бетона в короткие сроки или при температуре наружного воздуха ниже —15° С — предварительный электроразогрев бетонной смеси либо периферийный электропрогрев |
| Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия и т. п. | 6—10 | Бетон с противоморозными добавками. Предварительный электроразогрев бетонной смеси, электродный прогрев, электрообогрев с применением греющих опалубок |
| Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции каркасов | 10—20 | Электродный прогрев, контактный обогрев с помощью греющей опалубки, бетоны с противоморозными добавками (для полов) |
| Стыки, подливки | 20—100 | Электродный прогрев, индукционный нагрев, применение добавки поташа или нитрита натрия |

* Модуль поверхности конструкции равен отношению площади ее наружной поверхности (м²) к объему (м³):

$$M_п = \frac{F}{V}.$$

7.7. Скорость остывания бетона при всех способах зимнего бетонирования не должна превышать:

для конструкций с модулем поверхности более 10 — 10° в час;

для конструкций с модулем поверхности 6—10 — 5° в час;

для конструкции с модулем поверхности 5 и менее — величины, определяемой расчетом и исключающей появление трещин в поверхностных слоях бетона.

7.8. Снятие укрытия неопалубленных поверхностей и опалубки конструкций следует производить не ранее чем бетон остынет до температуры +2 — +5° С, не допуская примерзания опалубки к бетону.

Распалубливание и загружение конструкций должны производиться в соответствии с указаниями проекта производства работ и после испытания, подтверждающего достижение бетоном необходимой прочности.

Если разность температур поверхностных слоев бетона и окружающего воздуха составляет более 20° для конструкций с модулем поверхности менее 5 и более 30° для конструкций с модулем поверхности свыше 5, распалубленные конструкции должны немедленно укрываться брезентом или другими материалами.

## Приготовление и транспортирование бетонной смеси

**7.9.** Основной особенностью приготовления бетонной смеси в зимних условиях, в отличие от летних, является обеспечение установленной расчетом температуры смеси по выходе ее из бетоносмесителя.

Температура бетонной смеси по выходе из бетоносмесителя или температура предварительного электроразогрева смеси определяется по формуле

$$t_{см} = \frac{t_{б.н} - t_{н.в}\,\Sigma\Delta t_{тр}}{1 - \Sigma\Delta t_{тр}}, \qquad (16)$$

где $t_{б.н}$ — начальная температура бетона после укладки в опалубку (определяется в зависимости от способа выдерживания бетона), град;

$t_{н.в}$ — температура наружного воздуха, град;

$\Sigma\Delta t_{тр}$ — суммарное снижение температуры бетонной смеси при всех операциях — от приемки из бетоносмесителя до укладки и укрытия в конструкции;

$\Delta t_{тр}$ — относительное снижение температуры бетонной смеси на каждой операции (при транспортировании, перегрузке, укладке и др.) при перепаде между температурой наружного воздуха и температурой бетонной смеси в 1°.

Величины снижения температуры бетонной смеси ($\Delta t_{тр}$) определяются:

при горизонтальном транспортировании бетонной смеси согласно пп. 4.29 и 4.30 данного Руководства;

при укладке и уплотнении бетонной смеси

$$\Delta t_{тр} = \Delta t'_{у}\,\tau, \qquad (17)$$

где $\tau$ — продолжительность укладки смеси, мин;

$\Delta t'_{у}$ — снижение температуры смеси при укладке град/на 1 град в 1 мин;

| $\Delta t'_{у}$ | Толщина конструкции, мм |
|---|---|
| 0,03 | 60 |
| 0,018 | 100 |
| 0,012 | 150 |
| 0,009 | 200 |
| 0,007 | 300 |
| 0,005 | 400 |
| 0,004 | 500 |
| 0,003 | 700 |

при погрузках и перегрузках на каждую операцию можно принимать $\Delta t_{тр\,п}=0{,}032$ град/на 1 град в 1 мин;

при перемещении башенным краном — по формуле $\Delta t_{тр\,к}=0{,}0022H$, где $H$ — высота подъема, м;

при перемещении смеси шахтным подъемником (в утепленной шахте) $\Delta t_{тр.ш}=0{,}001H$.

Вместе с этим температура бетонной смеси и ее составляющих не должна быть выше значений, указанных в табл. 20.

Таблица 20

**Наибольшая допустимая температура бетонной смеси и ее составляющих**

| Цементы | Наибольшая допустимая температура, град | | |
|---|---|---|---|
| | составляющих при загрузке в смеситель | | бетонной смеси при выходе из смесителя |
| | воды | заполнителей | |
| Шлакопортландцемент марок 200—300 | 90 | 60 | 45 |
| Портландцемент марки 300 и пуццолановый портландцемент марки 200 | 80 | 50 | 40 |
| Портландцемент и шлакопортландцемент марки 400 и выше и пуццолановый портландцемент марки 300 и выше | 60 | 40 | 35 |
| Глиноземистый цемент | 40 | 20 | 25 |

**7.10.** Температура воды и заполнителей при загрузке их в бетоносмеситель должна обеспечивать получение расчетной температуры бетонной смеси при выходе ее из бетоносмесителя. Для этого, в зависимости от состояния материалов, особенно заполнителей, условий приготовления и транспортирования, методов укладки и выдерживания в зимнее время приходится оттаивать заполнители, подогревать воду или заполнители, а иногда и то и другое.

Температура подогрева составляющих подобранного состава бетона в зависимости от требуемой (заданной) температуры бетонной смеси при выходе из бетоносмесителя $t_{см}$ устанавливается по номограмме рис. 56 или расчетом по формуле

$$t_{см}=\frac{(0{,}2+i_п)\,g_п\,t_п+(0{,}2+i_{к.з})\,g_{к.з}t_{к.з}+(g_в+i_{к.з}g_{к.з}-i_пg_п)t_в}{0{,}2\,(g_ц+g_{к.з}+g_п)+g_в}. \qquad (18)$$

Теплопотребность для нагрева составляющих бетонной смеси от начальной до уровня, установленного расчетом, на часовую производительность смесительной установки определяется по формулам:

а) для нагрева воды

$$Q = v\,(g_{\text{в}} - i_{\text{п}} g_{\text{п}} - i_{\text{к.з}}\, g_{\text{к з}})\,(t_{\text{в}} - 5); \qquad (19)$$

б) для нагрева песка

$$Q = v g_{\text{п}}\,[0{,}2\,(t_{\text{п}} - t_{\text{н.п}}) + i_{\text{п}}\,(t_{\text{п}} - 0{,}5 t_{\text{н.п}} + 80)]; \qquad (20)$$

в) для нагрева щебня (гравия)

$$Q = v g_{\text{к.з}}\,[0{,}2\,(t_{\text{к.з}} - t_{\text{н.к.з}}) + i_{\text{к.з}}\,(t_{\text{к.з}} - 0{,}5\,t_{\text{н.к.з}} + 80)], \qquad (21)$$

где $i_{\text{п}}$, $i_{\text{к.з}}$ — соответственно относительная влажность песка и крупного заполнителя по массе;

$g_{\text{п}}$, $g_{\text{к.з}}$, $g_{\text{ц}}$ — соответственно масса песка, крупного заполнителя и цемента в 1 м³ бетона, кг (в расчете на сухой материал);

$t_{\text{п}}$, $t_{\text{к.з}}$, $t_{\text{в}}$ — соответственно температура песка, крупного заполнителя и воды при загрузке в смеситель, град;

$g_{\text{в}}$ — количество воды в 1 м³ бетонной смеси, л (без учета влажности заполнителей);

$Q$ — теплопотребность, ккал/ч;

$v$ — часовая производительность смесительной установки, м³;

$t_{\text{н.к.з}}$, $t_{\text{н.п}}$ — начальная температура крупного заполнителя и песка при загрузке в подогревающее устройство, град.

Расчетом по формуле (18) можно определить температуру:
песка $t_{\text{п}}$;
крупного заполнителя $t_{\text{к.з}}$;
бетонной смеси $t_{\text{см}}$;
воды $t_{\text{в}}$.

Примечание. Фактическая температура нагрева составляющих устанавливается с учетом потерь тепла за время перемещения материалов от нагревательных установок к смесителю в зависимости от применяемой технологии прогрева и транспортирования. Примеры определения искомых параметов по номограмме даны на рис. 55.

Пример 1. Определение возможных соотношений между температурой песка $t_{\text{п}}$ и температурой крупного заполнителя $t_{\text{к.з}}$, например, при известных температурах бетонной смеси $t_{\text{см}} = 45°$ С, воды $t_{\text{в}} = 70°$ С и влажности песка $i_{\text{п}} = 2\%$.

Из точки $A$ (пересечения прямых для $i_{\text{п}} = 2\%$ и $t_{\text{в}} = 70°$ С, для $t_{\text{см}} = 45°$ С) опускаем перпендикуляры на оси координат и точки их пересечения соединяем прямой $БВ$, которая отсекает на сетке координат диапазоны возможных значений $t_{\text{п}}$ (от $-10$ до $+80°$ С) и $t_{\text{к.з}}$ (от 73,5 до 21,5° С). Выбираем наиболее приемлемое сочетание $t_{\text{п}}$ и $t_{\text{к.з}}$, например $t_{\text{п}} = 30°$ С и $t_{\text{к.з}} = 50°$ С.

Пример 2. Определение $t_{\text{п}}$ при $t_{\text{см}} = 45°$ С, $t_{\text{в}} = 70°$ С, $t_{\text{к.з}} = 45°$ С и $i_{\text{п}} = 2\%$.

Находим положение прямой $БВ$ способом, аналогичным использованному в примере 1. Затем из точки $Г$ на ординате, соответству-

ющей $t_{к.з}=45°$ С, проводится прямая параллельно оси абсцисс до пересечения с прямой *БВ* в точке *Д*, абсцисса которой (точка *С*) показывает величину $t_п=43°$ С.

Пример 3. Определение $t_{к.з}$ производим аналогично $t_п$, заменяя известную ординату (точку *Г*) для крупного заполнителя на известную (заданную) абсциссу *С* для песка.

Пример 4. Определение $t_{см}$ при $t_п=20°$ С, $t_{к.з}=30°$ С, $t_в=80°$ С и $i_п=6\%$.

Из точки *Е* ($t_п=20°$ С и $t_{к.з}=30°$ С) проводится прямая, параллельная прямой, соответствующей $i_п=6\%$ на нижней шкале, до

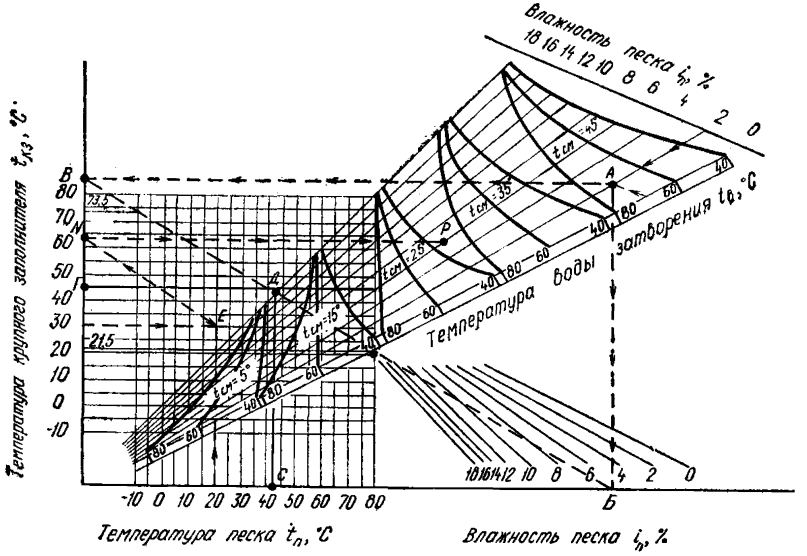



**Рис. 55. Номограмма для расчета подогрева составляющих бетона**

пересечения с осью координат в точке *N*. Точка *P* (пересечения прямых $i_п=6\%$ на боковой шкале и *NP*) показывает искомую величину $t_{см}=33°$ С, значение которой определяется экстраполяцией и интерполяцией между ближайшими кривыми, соответствующими $t_в=80°$ С для $t_{см}=35°$ С и $t_{см}=25°$ С.

**7.11.** Подбор состава бетона для зимней укладки производится в соответствии с рекомендациями гл. 2.

При этом рекомендуется:

учитывать, что бетоны, подвергнутые электротермообработке при жестких режимах, недостаточной защите от влагопотерь, отсутствию добавок и т. п., к 28-суточному возрасту после прогрева могут иметь недобор прочности до 10% $R_{28}$;

назначать *В/Ц* не более 0,65, а для бетонов с повышенными требованиями по морозостойкости ($М_{рз}>50$) — не более 0,5;

при использовании предварительного электроразогрева бетонной смеси водосодержание должно быть увеличено для компенсации ис-

парения и гидратационного связывания воды в процессе разогрева и укладки. Дополнительное количество воды определяется экспериментальным путем с помощью лабораторных замесов, которые подвергаются электроразогреву с последующим определением укладываемости смеси (см. приложение VII) и прочности бетона в заданном возрасте. Для сохранения величины *В/Ц*, принятой при отсутствии разогрева, следует соответственно увеличить расход цемента на 5—7%.

Для пластификации смесей, подвергаемых электроразогреву, допускается применять сульфитно-дрожжевую бражку (СДБ), винеловую смолу (СНВ), омыленный древесный пек и кремнийорганическую жидкость ГКЖ-10 после проверки лабораторией применительно к конкретным условиям.

**7.12.** При всех способах зимнего бетонирования для приготовления бетонных смесей наиболее эффективно применение особобыстротвердеющих (ОБТЦ), быстротвердеющих (БТЦ) и высокоалитовых (с содержанием $C_3S$ более 55%) портландцементов с малым количеством (до 10%) молотых добавок, с продолжительностью хранения не более 2 месяцев.

**7.13.** При выдерживании бетона в конструкциях (кроме массивных с $M_п < 3$) способом термоса, наряду с указанными в п. 7.12, эффективными являются высокомарочные (400 и выше) алитовые портландцементы с содержанием $C_3S$ не менее 50%, $C_3A$ не более 8% и малым (до 10%) содержанием молотых добавок.

Весьма эффективными являются глиноземистые цементы, однако следует учитывать их несколько пониженные защитные свойства по отношению к арматуре.

Шлакопортландцементы и пуццолановые портландцементы рекомендуется использовать лишь при термосном выдерживании массивных конструкций (с $M_п$ до 4) и с эффективным утеплением наружных поверхностей или периферийным электропрогревом.

**7.14.** При тепловой обработке бетона, кроме указанных в п. 7.12, также эффективны алитовые среднеалюминатные портландцементы с содержанием трехкальциевого силиката более 50%, трехкальциевого алюмината не свыше 8% и активных кремнеземистых добавок до 10%. Бетоны на высокоалюминатных портландцементах (более 8% $C_3A$) не приобретают после тепловой обработки высокой относительной прочности, а в 28-суточном возрасте характеризуются недобором прочности на 15—20%. Применение шлакопортландцементов допускается только при отсутствии повышенных требований к морозостойкости и с учетом длительных сроков их тепловой обработки. Пуццолановые портландцементы следует применять только, если они предусмотрены проектом.

При бетонировании с предварительным электроразогревом следует использовать быстротвердеющие и высокоалитовые портландцементы, а для массивных конструкции — шлакопортландцементы. При положительных результатах лабораторной проверки сохранения подвижности разогретой смеси возможно применение особобыстротвердеющих портландцементов. Не рекомендуется применять цементы с содержанием $C_3A$ более 6%, которые вызывают, как правило, быстрое загустевание разогретой бетонной смеси.

Применение глиноземистого цемента и цементов на его основе при тепловой обработке не допускается.

**7.15.** Для бетонов с противоморозными добавками помимо цементов, указанных в п. 7.12, применяются высокоалитовые ($C_3S$ свыше 50%) портландцементы марок 400 и выше.

В случае добавки в бетон хлористых солей могут применяться цементы с содержанием трехкальциевого алюмината в пределах до 10%. Для бетонов с добавками нитрита натрия желательно использование портландцемента с содержанием $C_3A$ не более 5%, с добавкой НКМ не более 8%, с добавками поташа не менее 8% $C_3A$.

Применять низкоалюминатные портландцементы, шлакопортландцементы и особенно пуццолановые портландцементы не рекомендуется ввиду замедленного их твердения при температурах ниже 0° С.

**7.16.** Заполнители для бетонов перед загрузкой в смеситель не должны содержать смерзшихся комьев, кусков льда, наледи на зернах и снега. В связи с этим для уменьшения или исключения возможностей смешения заполнителей со снегом и обледенения необходимо складировать их высокими штабелями на сухих возвышенных местах, защищенных от снежных заносов.

Размораживание, оттаивание и подогрев может производиться (с помощью дымовых газов и горячего воздуха) в открытых и закрытых штабелях, бункерах, сушильных барабанах и других устройствах. Подогрев воды для бетонной смеси наиболее просто и эффективно осуществляется пуском пара в холодную воду.

**7.17.** Приготовление бетонной смеси в зимних условиях производится с учетом следующих особенностей:

продолжительность перемешивания, как правило, следует увеличивать в 1,5 раза;

при применении только подогретой воды в смеситель одновременно с началом ее подачи загружают крупный заполнитель, а после заливки примерно половины требуемого количества воды и нескольких оборотов барабана (чаши) смесителя — песок, цемент и оставшуюся воду.

**7.18.** Транспортирование бетонной смеси в зимних условиях должно производиться в соответствии с рекомендациями гл. 4 настоящего Руководства. Следует учитывать, что транспортирование бетонной смеси, предназначенной для предварительного электроразогрева, а также с противоморозными добавками может производиться в неутепленной таре с защитой от снега и испарения влаги, если будет обеспечена температура смеси выше 0° С до начала электроразогрева и температура, указанная в п. 7.43 для смеси с противоморозными добавками.

## Укладка бетонной смеси

**7.19.** Подготовка основания и укладка бетонной смеси в зимних условиях должны производиться в соответствии с рекомендациями гл. 5 настоящего Руководства и с учетом нижеследующих особенностей: мерзлые основания из пучинистых грунтов до укладки бетонной смеси для предотвращения деформации и замерзания бетона в местах контакта с основанием должны быть отогреты до положительной температуры на глубину не менее 50 см и защищены (укрыты) от промерзания;

отогревание грунтовых, бетонных, каменных оснований и контактных поверхностей может выполняться в местных тепляках из брезента, полиэтилена, фанеры, обогреваемых печами сопротивления или воздухоподогревателями, работающими на любом топливе; элек-

троотогревом при помощи вертикальных и горизонтальных электродов;

не допускается оттаивание мерзлых грунтов оснований с помощью пара либо поливкой горячей водой или растворами хлористых и других солей.

**7.20.** При производстве бетонных работ с выдерживанием бетона в конструкции по способу термоса или с предварительным электроразогревом бетонной смеси слой старого бетона (каменных и других конструкций) в месте стыка с бетонируемой конструкцией до укладки теплой бетонной смеси, как правило, должен быть отогрет на глубину, определяемую теплохимическим расчетом (примерно 300 мм), и укрыт от замерзания до приобретения вновь уложенным бетоном требуемой прочности.

Слой старого бетона (скалы) в месте контакта не следует отогревать, если бетонная смесь содержит противоморозные добавки более 5% массы цемента.

Бетонная смесь при термосном выдерживании может быть уложена на неотогретый старый бетон, скалу или непучинистый грунт, если по расчету в зоне контакта со старым бетоном (основанием) на протяжении расчетного периода выдерживания бетона будет обеспечена температура выше 0° С.

Это может быть, например, при бетонировании массивных конструкций с модулем поверхности не более 3 и при условии:

отрицательная температура старого бетона на глубине 50—100 мм по своей абсолютной величине не должна быть более положительной температуры укладываемой бетонной смеси;

температура наружного воздуха не ниже —15° С и укладываемой бетонной смеси не менее +15° С, при этом открытые поверхности старого бетона или грунта вокруг бетонируемой конструкции укрываются теплоизоляционным материалом с коэффициентом общей теплопередачи $K$ не более 2 ккал/м²·ч·град.

**7.21.** Укладка бетонной смеси с последующим прогревом допускается на мерзлые непучинистые основания или на неотогретый старый бетон (скалу), очищенные от снега и наледи, при условии, что к началу электропрогрева температура бетона в стыке (в зоне контакта) со старым бетоном будет не ниже +2° С; при этом примыкающие к стыку открытые поверхности грунта или старого бетона укрываются на ширину 0,3—0,5 м теплоизоляционным материалом с коэффициентом общей теплопередачи $K$ не более 2 ккал/м²·ч××град.

Для предотвращения замерзания бетона, уложенного на неотогретое основание до начала прогрева бетона, допускается введение в бетон нитрита натрия до 10% от веса цемента.

**7.22.** Опалубка и арматура перед бетонированием очищаются от снега и наледи, например, струей горячего воздуха под брезентовым или полиэтиленовым укрытием с высушиванием поверхностей. Не допускается снимать наледь с помощью пара или горячей воды.

**7.23.** Все открытые поверхности укладываемого бетона после окончания бетонирования при больших поверхностях — по мере бетонирования отдельных участков, а также на время перерывов в бетонировании — должны тщательно укрываться пароизоляционным материалом (полимерная пленка, толь, рубероид и т. п.) и утепляться в соответствии с теплотехническим расчетом.

**7.24.** Порядок бетонирования монолитных конструкций, а также размещения рабочих швов при прогревных методах выдерживания

бетона должны исключать возникновение температурных напряжений, превышающих расчетные. Для этого при температуре прогрева конструкции свыше 40° С должны соблюдаться установленные СНиП III-В.1-70 следующие требования:

а) свободнолежащие железобетонные балки, опирающиеся на массивные ранее забетонированные конструкции, должны быть в целях возможности перемещения при прогреве отделены от конструкции прокладками из металлических листов;

б) если указанные в подпункте «а» мероприятия не могут быть осуществлены и дополнительные температурные напряжения в балках не учтены расчетом, следует бетонировать и прогревать балки с разрывами в каждом пролете длиной $^1/_8$ пролета, но не менее 0,7 м, а заполнение разрывов бетонной смесью и прогрев бетона в разрывах производить после остывания до +15° С бетона, уложенного на участки балок, образующих разрыв;

в) бетонирование и прогрев неразрезных балок, не связанных жестко с опорами, должны производиться одновременно на участках длиной не более 20 м;

г) бетонирование и прогрев неразрезных ригелей многопролетных рам при отношении высоты стойки к высоте ее сечения (в плоскости рамы) до 15 должны также производиться в порядке, изложенном в подпункте «б», с разрывами через два пролета при пролете рам до 8 м и через один пролет — при большей величине пролетов;

д) бетонирование и прогрев колонн, связанных массивными ригелями малых пролетов, должны производиться с оставлением разрывов в ригелях между колоннами, аналогичных указанным в п. «б»;

е) при прогреве балок, расположенных параллельно друг другу и жестко связанных между собой, должны обеспечиваться возможно близкие температурные условия их прогрева и остывания;

ж) бетонирование и прогрев балок и плит железобетонных ребристых перекрытий должны производиться одновременно участками, имеющими разрывы в продольном и поперечном направлении, расстояние между которыми определяется в соответствии с указаниями, приведенными в подпунктах «б» и «г».

**7.25.** При прогреве монолитных свайных ростверков (особенно в вечномерзлых грунтах) максимальную температуру прогрева и длину прогреваемых участков следует определять расчетом исходя из условий предотвращения появления трещин в бетоне.

## Выдерживание бетона способом термоса

**7.26.** Способ термосного выдерживания конструкций состоит в том, что уложенный бетон, при строго определенных условиях (температуре наружного воздуха, скорости ветра, коэффициенте теплопередачи ограждений, массивности конструкций, тепловыделении цемента и начальной температуре бетона), может приобрести заданную прочность за время остывания от своей начальной температуры ($t_{б.н}$) до некоторой конечной ($t_{б.к}$).

Количество тепла в бетоне, полученное при нагреве составляющих и выделенное цементом в период отвердения, должно быть не меньше количества расходуемого тепла (теплопотерь) при остывании конструкции до конечной температуры, т. е. до получения заданной прочности бетона.

**7.27.** Продолжительность остывания бетона $\tau$ от начальной температуры до конечной в конструкциях с модулем поверхности $M_п$ свыше 3* определяется расчетом по формуле Б. Г. Скрамтаева

$$\tau = \frac{c_б \gamma_б (t_{б.н} - t_{б.к}) + ЦЭ}{KM_п (t_{б.ср} - t_{н.в})}, \qquad (22)$$

где $c_б$ — удельная теплоемкость бетона, принимается равной 0,25 ккал/кг·град;

$\gamma_б$ — плотность бетона, кг/м³;

$Э$ — тепловыделение цемента за время твердения бетона, принимается по табл. 21;

$t_{н.в}$ — температура наружного воздуха, принимается средняя за время остывания бетона, град;

$t_{б.к}$ — температура бетона к концу остывания, для бетонов без противоморозных добавок рекомендуется принимать не ниже +5° С;

$Ц$ — расход цемента в бетоне, кг/м³.

$K$ — коэффициент теплопередачи опалубки или укрытия неопалубленных поверхностей, ккал/м²·ч·град (табл. 23).

Примечание. Относительная величина тепловыделения за время достижения цементами прочности менее $R_{28}$ может приниматься пропорционально достигнутой прочности (например, 50% $Э_{28}$ соответствует 50% $R_{28}$).

$t_{б.н}$ — начальная температура бетона после укладки, °С;

$t_{б.ср}$ — средняя температура за время остывания бетона, °С, определяется по формуле

$$t_{б.ср} = t_{б.к} + \frac{t_{б.н} - t_{б.к}}{1{,}03 + 0{,}181 M_п + 0{,}006 (t_{б.н} - t_{б.к})}, \qquad (23)$$

Таблица 21

**Тепловыделение цемента $Э$ различных видов и марок в ккал/кг в зависимости от температуры твердения и времени**

| Вид и марка цемента | Температура, град. | Тепловыделение $Э$, ккал/кг, в возрасте, сут. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 7 | 14 | 28 |
| Портландцемент 300 | 5 | — | — | 6 | 14 | 21 | 40 | 49 | 56 |
| | 10 | 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 47 | 55 | 65 |
| | 20 | 7 | 10 | 18 | 30 | 40 | 55 | 60 | 70 |
| | 40 | 12 | 20 | 35 | 48 | 55 | 60 | 70 | — |
| | 60 | 20 | 35 | 46 | 58 | 63 | 70 | — | — |

* Для конструкций с $M_п < 3$ режим термосного выдерживания рассчитывается по методу профессора В. С. Лукьянова.

*Продолжение табл. 21*

| Вид и марка цемента | Температура, град. | Тепловыделение Э, ккал/кг, в возрасте, сут. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 7 | 14 | 28 |
| Портландцемент 400 | 5 | — | — | 7 | 15 | 20 | 40 | 50 | 60 |
| | 10 | 3 | 6 | 12 | 25 | 33 | 50 | 60 | 70 |
| | 20 | 11 | 16 | 25 | 40 | 50 | 65 | 75 | 80 |
| | 40 | 13 | 30 | 45 | 55 | 65 | 75 | 80 | — |
| | 60 | 25 | 40 | 55 | 65 | 75 | 80 | — | — |
| Портландцемент 500 | 5 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 45 | 55 | 60 |
| | 10 | 5 | 10 | 15 | 25 | 38 | 60 | 68 | 75 |
| | 20 | 12 | 20 | 30 | 45 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| | 40 | 25 | 40 | 50 | 64 | 70 | 85 | 90 | — |
| | 60 | 45 | 55 | 65 | 75 | 83 | 90 | — | — |
| Портландцемент быстротвердеющий 600 | 5 | 4 | 8 | 13 | 22 | 35 | 50 | 60 | 75 |
| | 10 | 8 | 12 | 18 | 30 | 40 | 65 | 80 | 90 |
| | 20 | 15 | 25 | 35 | 50 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| | 40 | 28 | 45 | 55 | 70 | 80 | 90 | 100 | — |
| | 60 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | — | — |
| Шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент 300 | 5 | — | 3 | 5 | 10 | 17 | 30 | 40 | 45 |
| | 10 | — | 5 | 8 | 15 | 23 | 39 | 50 | 55 |
| | 20 | — | 9 | 15 | 30 | 33 | 49 | 58 | 65 |
| | 40 | 10 | 18 | 28 | 40 | 48 | 59 | 65 | — |
| | 60 | 15 | 25 | 35 | 48 | 53 | 65 | — | — |

или приближенно может быть принята равной $(t_{б.н}+5):2$ для конструкций с $M_п \leqslant 4$; $t_{б.н}:2$ при $M_п$ от 5 до 8; $t_{б.н}:3$ при $M_п$ от 9 до 12.

**7.28.** Коэффициент теплопередачи опалубки или укрытия неопалубленных поверхностей определяется по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \qquad (24)$$

где $\delta_i$ — толщина каждого слоя ограждения, м;

$\lambda_i$ — коэффициент теплопроводности материала каждого слоя ограждения, ккал/м·ч·град (табл. 22);

$\alpha$ — коэффициент теплопередачи у наружной поверхности ограждения, ккал/м·град·ч.

В зависимости от скорости ветра $\alpha$ имеет значения

| Скорость ветра, м/с | $\alpha$, ккал/м²·град·ч |
|---|---|
| 0 | 3,25 |
| 1 | 6,79 |
| 3 | 12,9 |
| 5 | 22,9 |
| 10 | 28,6 |
| 15 | 37,2 |

Если коэффициенты теплопередачи бетона в окружающую среду через ограждения с разным утеплением (например, через деревянную опалубку или неопалубленную поверхность, укрытую толем и минераловатными матами) существенно различаются между собой, можно суммировать теплопотери через все поверхности или пользоваться приведенным коэффициентом теплопередачи

$$K = \frac{F_1K_1 + F_2K_2 + \ldots + F_nK_n}{F_1 + F_2 + \ldots F_n}, \qquad (25)$$

где $K_1$, $K_2$, . . ., $K_n$ — коэффициенты теплопередачи через разные поверхности конструкции, ккал/м²·град·ч;

$F_1$, $F_2$, . . . , $F_n$ — площади соответствующих поверхностей, м².

Величина коэффициента теплопередачи наиболее часто применяемых конструкций опалубки и укрытий неопалубленной поверхности бетона приведена в табл. 23.

Для отогретого (талого) грунта коэффициент теплопередачи

$$K_т = 1{,}13\sqrt{\frac{\lambda_c\gamma}{Z}}, \qquad (26)$$

где $\lambda$ — коэффициент теплопроводности, ккал/м·град·ч;

$c$ — удельная теплоемкость, ккал/кг·град;

$\gamma$ — плотность, кг/м³;

$Z$ — время от начала прогрева бетона, ч.

Примерные значения $\lambda$, $c$ и $\gamma$ для наиболее распространенных грунтов приведены в табл. 24.

**7.29.** Прочность бетона, определяемая по графикам рис. 54, за период остывания $\tau$ должна быть не менее установленной проектом производства работ. Если эта прочность окажется ниже проектной и нельзя увеличить продолжительность остывания до набора бетоном заданной прочности за счет снижения величины $K$ и повышения $t_{б.н}$ до максимально возможной, применение способа термоса недопустимо.

**7.30.** Выдерживание бетона в монолитных конструкциях способом термоса должно производиться с соблюдением следующих условий:

опалубку и укрытие неопалубленных поверхностей конструкций рекомендуется удалять не ранее, чем бетон приобретет заданную прочность с учетом положений п. 7.2;

Таблица 22

**Коэффициенты удельной теплоемкости $C$ и теплопроводности $\lambda$ основных строительных материалов, применяемых в качестве утеплителей**

| Материалы | Плотность, кг/м³ | Удельная теплоемкость при влажности 2%, ккал/кг·град. | Коэффициенты теплопроводности $\lambda$ при положительной температуре (+) и отрицательной (—) и объемной влажности, % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 5 | | 15 | | 30 | |
| | | | + | + | — | + | — | + | — |
| Войлок растительный | 150<br>250 | 0,45 | 0,05<br>0,07 | 0,07<br>0,09 | 0,062<br>0,082 | 0,11<br>0,13 | 0,126<br>0,146 | 0,17<br>0,19 | 0,201<br>0,221 |
| Войлок шерстяной | 100<br>300 | —<br>— | 0,036<br>0,070 | 0,046<br>0,086 | 0,055<br>0,097 | 0,066<br>0,114 | 0,087<br>0,136 | 0,096<br>0,156 | 0,130<br>0,193 |
| Древесина поперек волокон | 500<br>700 | —<br>0,65 | 0,115<br>0,138 | 0,133<br>0,157 | 0,365<br>0,412 | 0,167<br>0,190 | 0,545<br>0,585 | 0,218<br>0,233 | 0,790<br>0,840 |
| Картон | 250<br>700 | 0,35 | 0,065<br>0,150 | 0,086<br>— | 0,091<br>— | 0,117<br>— | 0,134<br>— | 0,162<br>— | 0,19<br>— |
| Камышит | 200<br>400 | 0,36 | 0,060<br>0,092 | 0,077<br>0,120 | —<br>0,122 | 0,107<br>0,158 | —<br>0,168 | 0,155<br>0,209 | —<br>0,237 |
| Костра | 100<br>200 | 0,4 | 0,035<br>0,040 | 0,046<br>0,054 | | 0,068<br>0,077 | | 0,089<br>0,099 | |
| Морозин | 100<br>400 | — | 0,041<br>0,072 | 0,059<br>0,092 | 0,062<br>0,097 | 0,085<br>0,124 | 0,091<br>0,139 | 0,124<br>0,172 | 0,133<br>0,202 |
| Минераловатные плиты | 100<br>300 | — | —<br>0,060 | —<br>— | | —<br>— | | —<br>— | |
| Оргалит | 200<br>300 | — | 0,042<br>0,055 | 0,064<br>0,077 | 0,077<br>0,093 | 0,100<br>0,113 | 0,147<br>0,167 | 0,154<br>0,167 | 0,252<br>0,278 |
| Рубероид (толь) | 300 | 0,36 | 0,13 | — | | — | | — | |
| Стекловата | 150<br>200 | — | 0,035<br>0,04 | 0,047<br>0,052 | 0,050<br>0,058 | 0,069<br>0,075 | 0,074<br>0,084 | 0,100<br>0,110 | 0,110<br>0,123 |
| Соломит | 150 | 0,36 | 0,05 | 0,066 | 0,07 | 0,098 | 0,108 | 0,146 | 0,165 |
| Снег рыхлый сухой | 300 | 0,5 | 0,25 | — | — | — | — | — | — |

*Продолжение табл. 22*

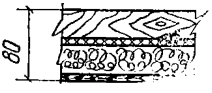
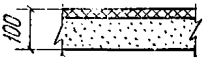
| Материалы | Плотность, кг/м³ | Удельная теплоемкость при влажности 2%, ккал/кг·град. | Коэффициенты теплопроводности λ при положительной температуре (+) и отрицательной (—) и объемной влажности, % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 5 | | 15 | | 30 | |
| | | | + | + | — | + | — | + | — |
| Снег сырой плотный | 500 | 0,5 | 0,55 | — | — | — | — | — | — |
| Торфоплиты | 150<br>300 | 0,5 | 0 04<br>0,06 | 0,06<br>0,09 | 0,065<br>0,083 | 0,090<br>0,130 | 0,113<br>0,143 | 0,130<br>0,170 | 0,185<br>0,233 |
| Фанера из древесины | 575<br>650 | 0,65 | 0,12<br>0,13 | 0,14<br>0,15 | 0,178<br>0,188 | 0,18<br>0,19 | 0,288<br>0,298 | 0,240<br>0,250 | 0,453<br>0,463 |
| Шлак котельный | 900<br>1200 | 0,18 | 0,20<br>0,29 | 0,25<br>0,33 | 0,33<br>0,41 | 0,31<br>0,41 | 0,64<br>0,74 | 0,39<br>0,52 | 0,96<br>0,86 |
| Шлаковая вата | 200<br>400 | 0,18 | 0,04<br>0,07 | 0,05<br>0,08 | 0,055<br>0,090 | 0,07<br>0,10 | 0,085<br>0,130 | 0,10<br>0,14 | 0,13<br>0,20 |
| Шлак доменный | 600<br>800 | — | 0,12<br>0,15 | 0,16<br>0,19 | 0,222<br>0,245 | 0,21<br>0,25 | 0,375<br>0,419 | 0,29<br>0,33 | 0,60<br>0,69 |
| Бетон различной влажности | 2200<br>2400 | 0,2<br>0,25 | 0,10<br>1,13 | 1,15<br>— | 1,22<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— |
| Бетон легкий и ячеистый | 800<br>1800 | — | 0,165<br>0,60 | 0,21<br>0,67 | 0,39<br>0,72 | 0,29<br>0,81 | 0,52<br>0,94 | 0,30<br>— | 0,85<br>— |
| Опилки | 250 | | 0,085 | 0,105 | 0,110 | 0,145 | 0,160 | 0,205 | 0,235 |
| Древесноволокнистые плиты | 200<br>1000 | | 0,06<br>0,29 | —<br>— | —<br>— | | | | |
| Сталь строительная | 7850 | — | 50 | — | — | — | — | — | — |
| Лед | 900 | 0,5 | 2,0 | 2,0 | — | — | — | — | — |
| Поропласты и пенопласты полистирольные, хлорвиниловые и т. п. | 20<br>190 | —<br>— | 0,025<br>0,050 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— |
| Песок | 1700 | — | 0,53 | 0,57 | 0,64 | 0,64 | 0,83 | 0,92 | 1,01 |
| Супесь плотная | 1900 | — | 0,68 | — | — | — | — | — | — |



Примечание. При других объемных весах и влажности коэффициент теплопроводности с достаточной для практики точностью можно определить интерполяцией.

Таблица 23

**Величина коэффициента теплопередачи опалубки и укрытия неопалубленных поверхностей бетона (при температуре опалубки и укрытия выше 0° С)**

| Тип и конструкция опалубки или укрытия | Материал опалубки | Толщина слоя, мм | K, ккал/м²·град×ч, при скорости ветра, м/с | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 5 | 15 |
| I   | Доска | 25 | 2,1 | 4,5 | 5,15 |
| II   | Доска | 40 | 1,73 | 3,1 | 3,4 |
| III   | Доска<br>Толь<br>Доска | 25<br><br>25 | 1,55 | 2,6 | 2,8 |
| IV   | Доска<br>Пено-пласт<br>Фанера | 25<br>30<br><br>4 | 0,58 | 0,69 | 0,71 |
| V   | Доска<br>Толь<br>Минвата<br>Фанера | 25<br><br>50<br>4 | 0,75 | 0,92 | 0,95 |
| VI   | Металл<br>Минвата<br>Фанера | 3<br>50<br>4 | 0,86 | 1,1 | 1,15 |
| VII   | Фанера<br>Асбест<br>Фанера | 10<br>4<br>10 | 2,1 | 4,4 | 5 |
| VIII   | Толь<br>Опилки | 100 | 0,64 | 0,77 | 0,78 |

*Продолжение табл. 23*

| Тип и конструкция опалубки или укрытия | Материал опалубки | Толщина слоя, мм | $K$(ккал/м²·град) при скорости ветра, м/с | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 5 | 15 |
| IX   | Толь<br>Шлак | 150 | 1,1 | 1,53 | 1,6 |
| X   | Толь<br>Минвата | 50 | 0,87 | 1,13 | 1,16 |

коэффициент теплопередачи укрытия неопалубленных поверхностей должен быть не ниже, чем опалубки;

для обеспечения одинаковых условий остывания частей конструкции, имеющих различную толщину, тонкие элементы, выступающие углы и другие части, остывающие быстрее основных частей конструкции, должны иметь усиленное утепление; размеры участков с усиленным утеплением назначаются в проекте производства работ.

Значения величины $\eta$ в зависимости от влажности следующие

| Влажность грунта, % | $\eta$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 5 | 1,5 |
| 10 | 2,1 |
| 15 | 2 7 |
| 20 | 3,2 |

В табл. 25 приведены значения $K$, вычисленные по формулам (24) и (25).

Средние значения коэффициента теплопередачи грунта (глины) за некоторый отрезок времени от начала прогрева, подсчитанные по данным табл. 25, следующие:

| Средние значения $K$ талой / мерзлой глины с влажностью 10% | Время с начала прогрева, ч |
|---|---|
| 15/32 | 10 |
| 11,5/24 | 20 |
| 9,5/20 | 30 |

**7.31.** Если при конкретных условиях способ термоса не обеспечивает приобретения бетоном заданной прочности в требуемые сроки, следует рассмотреть возможность и целесообразность термосного выдерживания с введением в бетонную смесь ускорителей твердения бетона — хлорида кальция $CaCl_2$ (ГОСТ 450—70), хлорида натрия NaCl (ГОСТ 13830—68, ТУ 6-12-26-69 или ТУ 6-01-540-70),

Таблица 24

Характеристика грунтов

| Вид грунта | Глина | | | | Песок | | | | Грунт почвенный | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Влажность в % | 5 | 10 | 15 | 20 | 0 | 5 | 10 | 20 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| $c$, ккал/кг·град | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,18 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 |
| $\lambda$, ккал/м²·град×ч | 0,9 | 1,3 | 1,75 | 2,2 | 0,3 | 0,65 | 1 | 1,5 | 0,6 | 1,3 | 1,5 | 1,8 |
| $\gamma$, кг/м³ | 2000 | 2100 | 2175 | 2250 | 1500 | 1575 | 1650 | 1800 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 |
| $\sqrt{\lambda c\gamma}$ | 19 | 26,1 | 33,8 | 41,6 | 9,0 | 14,4 | 20,3 | 30,7 | 14,3 | 24,2 | 29,2 | 35 |

Примечание. Для супесей и суглинков величины $C$, $\lambda$ и $\gamma$ следует определять интерполяцией с учетом содержания в грунте песка и глины.

В мерзлом грунте коэффициент теплопередачи возрастает

$$K_м = 1{,}13\,\eta\,\sqrt{\frac{\lambda c\gamma}{Z}}. \qquad (27)$$

Таблица 25

**Примерные значения $K$, ккал/м²·град·ч, во времени**

| Время от начала прогрева, ч | | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Глина | $K_т$ | 29,4 | 20,7 | 17,0 | 13,1 | 9,3 | 6,6 | 5,4 | 4,67 | 4,18 |
| | $K_м$ | 61,8 | 43,5 | 35,7 | 27,5 | 19,5 | 13,8 | 11,3 | 9,8 | 8,8 |
| Песок | $K_т$ | 22,9 | 16,2 | 13,3 | 10,2 | 7,25 | 5,12 | 4,20 | 3,64 | 3,25 |
| | $K_м$ | 48 | 34 | 27,9 | 21,4 | 15,2 | 10,8 | 8,8 | 7,63 | 6,82 |

сульфата натрия $Na_2SO_4$ (ГОСТ 6318—68 или ТУ 38-1-3-9-69), нитрата кальция $Ca(NO_3)_2$ (ГОСТ 4142—66 или МРТУ 6-03-195-67), нитрита натрия $NaNO_2$ (ГОСТ 6194—69, СТУ 302—64 или ВТУ АУ-152-62) и др. (см. Руководство по применению химических добавок к бетону. М., Стройиздат, 1974).

В связи с тем что введение хлорида кальция и других добавок может вызвать сокращение сроков схватывания бетонной смеси, при необходимости в смесь следует вводить замедлители схватывания, например СДБ, в количестве до 0,3% массы цемента.

Добавки-ускорители твердения не допускаются:

в конструкциях, армированных термически упрочненной сталью (кроме добавки $Na_2SO_4$);

в железобетонных конструкциях, предназначенных для эксплуатации в зонах действия блуждающих токов (см. примечание 6 к табл. 28);

при применении глиноземистого цемента.

Кроме того, добавки хлоридов, нитрата кальция и нитрита натрия не допускаются в предварительно-напряженных конструкциях, а добавки хлоридов — и в конструкциях с ненапрягаемой арматурой диаметром 5 мм и менее, а также в железобетонных конструкциях, предназначенных для эксплуатации в агрессивной среде (см. примечание 5 к табл. 28).

В бетонах конструкций, на поверхности которых не допускаются высолы, разрешается применять добавки-ускорители твердения только по результатам специальной проверки (см. п. 7.35).

**7.32.** Оптимальное количество добавок устанавливается экспериментальным путем. При этом количество добавок не должно превышать:

NaCl и $CaCl_2$ — в бетоне железобетонных конструкций — 2%, а в бетоне неармированных конструкций — 3% массы цемента;

$Na_2SO_4$ — 2%;

$Ca(NO_3)_2$ и $NaNO_2$ — 4%.

Ориентировочные количества добавок приведены в табл. 26.

Относительную прочность бетона с добавками-ускорителями твердения можно принимать по графикам рис. 55, умножая полученные значения на коэффициенты, приведенные в табл. 27.

### Бетон с противоморозными добавками

**7.33.** В качестве противоморозных рекомендуется использовать следующие добавки:

Таблица 26

**Рекомендуемые количества добавок-ускорителей**

| Вид цемента | *В/Ц* бетона | Добавки в расчете на сухое вещество, % массы цемента | |
|---|---|---|---|
| | | $NaCl$, $CaCl_2$, $Na_2SO_4$ | $NaNO_2$, $Ca(NO_3)_2$ |
| Портландцемент, быстротвердеющий портландцемент, сульфатостойкий портландцемент | 0,35—0,55 | 1—2 | 2—3 |
| | Более 0,55 | 0,5—1 | 1—2 |
| Шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент, пластифицированный портландцемент, гидрофобный портландцемент | 0,35—0,55 | 1,5—2 | 2,5—3,5 |
| | Более 0,55 | 1—1,5 | 1,5—2,5 |

Таблица 27

**Коэффициенты увеличения прочности бетона с добавками при температуре 10—20° С**

| Возраст бетона, сут | Коэффициент увеличения прочности бетона на | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | портландцементе | | | шлакопортландцементе | | |
| | $CaCl_2$ | $NaCl$, $Na_2SO_4$ | $NaNO_2$, $Ca(NO_3)_2$ | $CaCl_2$ | $NaCl$, $Na_2SO_4$ | $NaNO_2$, $Ca(NO_3)_2$ |
| 2 | 1,65 | 1,4 | 1,2 | 2 | 1,55 | 1,4 |
| 3 | 1,5 | 1,3 | 1,15 | 1,7 | 1,45 | 1,3 |
| 5 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 7 | 1,2 | 1,1 | 1,05 | 1,25 | 1,2 | 1,1 |
| 28 | 1,1 | 1,05 | 1 | 1,15 | 1,1 | 1,05 |

Примечания: 1. Приведенные в таблице коэффициенты должны быть увеличены на 10% при температуре от 0 до +5° С и на 5% при температуре от 5 до +10° С.

2. Приведенные коэффициенты должны быть уточнены экспериментальным путем для каждого конкретного состава бетона и конкретной добавки.

хлорид натрия NaCl (ГОСТ 13830—68, ТУ 6-12-26-69 или ТУ 6-01-540-70)+хлорид кальция $CaCl_2$ (ГОСТ 450—70);

нитрит натрия+хлорид кальция;

нитрат кальция $Ca(NO_3)_2$* (ГОСТ 4142—66 или МРТУ 6-03-195-67)+мочевина $CO(NH_2)_2$ (ГОСТ 2081—63);

комплексное соединение нитрата кальция с мочевиной НКМ* (ТУ 6-03-266-70);

нитрит-нитрат-хлорид кальция ННХК* (ТУ 6-18-157-73);

нитрит-нитрат-хлорид кальция+мочевина *;

нитрит-нитрат кальция ННК (ТУ 603-7-04-74)+мочевина *;

7.34. Бетон с противоморозными добавками допускается применять, если он набирает прочность водопроницаемости не менее 50 кгс/см² при расчетной температуре **, а при особых требованиях к водонепроницаемости и морозостойкости бетона соответственно В-4 и Мрз 200 и более — не менее 50% проектной прочности.

Примечание. Допускается охлаждение бетона после укладки и уплотнения на 10° ниже расчетной температуры, если требуемая морозостойкость бетона не более Мрз 100, плотность — не более В-2, а временное замедление твердения не замедлит темпа строительства.

7.35. Бетоны с добавками, указанными в п. 7.33, допускается применять при изготовлении неармированных и армированных конструкций в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 33а.

Кроме того, при изготовлении конструкций, предназначенных для последующей отделки (малярные и другие работы), а также при предъявлении к поверхности бетона архитектурных требований для установления возможности применения противоморозных добавок (кроме $K_2CO_3$) необходимо произвести испытания на образование высолов.

С этой целью из бетонной смеси с выбранной добавкой и ее дозировкой формуются три образца размером 10×10×30 или 15×15×45 см, которые выдерживаются при температуре не выше 0° С. После набора бетоном прочности порядка 50—60% $R_{28}$ призмы на 3—5 см погружаются в ванну с водой, а наружная их поверхность обдувается воздухом с температурой 20—30° С. Наличие высолов устанавливается визуально не ранее чем через 7 сут.

7.36. Выбор добавок следует производить с учетом результатов проверки их эффективности по ускоренной методике: в бетонную смесь на применяемом цементе вводят 3% хлорида кальция и изготовляют 6 образцов-кубов. Одновременно изготовляют 6 образцов без добавки. После 3-суточного хранения в стандартных условиях определяют прочность бетона при сжатии.

Если прочность образцов из бетона с добавкой выше, чем образцов из бетона без добавки не менее чем на 15%, то с точки зрения темпов твердения в качестве противоморозных могут применяться все добавки, перечисленные в п. 7.33. Если прочность образцов с добавкой ниже указанной, то применение добавок на основе солей кальция (хлориды, нитриты, нитраты) не рекомендуется вследствие замедленного темпа твердения бетона. В таких случаях более эф-

---

* Добавки разработаны ВНИИСТом (см. Инструкцию по производству бетонных работ при температуре до —40° С с применением комплексных противоморозных добавок. М., 1974, ВНИИСТ).

** Расчетные температуры принимаются по табл. 33 в зависимости от вида и количества введенной добавки.

Таблица 28

**Область применения добавок**

| № п.п. | Тип конструкций и условия их эксплуатации | Добавка | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NaNO_2$ | $K_2CO_3$ | НКМ, $Ca(NO_2)_2$ + $CO(NH_2)_2$ | ННХК, ННХК + $CO(NH_2)_2$ | $NaNO_2$ + $CaCl_2$ | $NaCl$ + $CaCl_2$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Предварительно-напряженные конструкции и заполнение каналов для напрягаемой арматуры | — | — | — | — | — | — |
| 2 | Железобетонные конструкции с ненапрягаемой арматурой: | | | | | | |
| | диаметром более 5 мм | + | + | + | + | + | — |
| | диаметром 5 мм и менее | + | + | + | — | — | — |
| 3 | Конструкции, а также стыки без напрягаемой арматуры сборно-монолитных конструкций, имеющие выпуски арматуры или закладные части: | | | | | | |
| | без специальной защиты стали | + | + | + | — | — | — |
| | с металлическими (цинковыми и алюминиевыми) покрытиями | — | — | + | + | — | — |
| | с комбинированными (лакокрасочными по металлическому подслою) покрытиями | + | + | + | + | + | — |

*Продолжение табл. 28*

| № п.п | Тип конструкций и условия их эксплуатации | Добавка | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NaNO_2$ | $K_2CO_3$ | НКМ, $Ca(NO_3)_2$ + $CO(NH_2)_2$ | ННХК, ННХК + $CO(NH_2)_2$ | $NaNO_2$ + $CaCl_2$ | NaCl + $CaCl_2$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4 | Железобетонные конструкции, предназначенные для эксплуатации: | | | | | | |
| | в воде | + | + | + | + | + | + |
| | в неагрессивной газовой среде при относительной влажности воздуха до 60% | + | + | + | + | + | — |
| | в агрессивной газовой среде | + | + | + | — | — | — |
| | в воде и при относительной влажности воздуха более 60%, если заполнитель имеет включения реакционно способного кремнезема | — | — | + | + | — | — |
| | в зонах действия блуждающих токов | — | — | — | — | — | — |
| 5 | Бетонные конструкции, предназначенные для эксплуатации в условиях, указанных в п. 4 настоящей таблицы | — | — | + | + | — | — |

*Продолжение табл. 28*

| № п.п. | Тип конструкций и условия их эксплуатации | Добавка | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NaNO_2$ | $K_2CO_3$ | НКМ, $Ca(NO_2)_2$+ $CO(NH_2)_2$ | ННХК, ННХК+ $+CO(NH_2)_2$ | $NaNO_2$+ $CaCl_2$ | NaCl+ $+CaCl_2$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 6 | Конструкции, бетон которых приготовлен на глиноземистом цементе | — | — | — | — | — | — |

Примечания: 1. Знак минус (—) означает запрещение, а плюс (+) — допустимость введения добавки.

2. Возможность применения добавок по поз. 2—3 должна уточняться по поз. 4.

3. При применении добавок по п. 4 «а», «в» и «д» необходимо учитывать требования главы СНиП II-28-73 «Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования» в части плотности и толщины защитного слоя бетона и защиты конструкций химически стойкими покрытиями.

4. Конструкции, периодически увлажняющиеся водой, конденсатом или технологическими жидкостями при относительной влажности воздуха менее 60%, приравниваются к эксплуатируемым при относительной влажности более 60%.

5. Агрессивность среды устанавливается по СНиП II-28-73 «Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования».

6. Наличие блуждающих токов устанавливается по СН 65-67 «Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами».

7. Наличие включений реакционно-способного кремнезема устанавливается по «Рекомендациям по определению реакционной способности заполнителей бетона со щелочами цемента» (НИИЖБ. М., 1972) или «Руководству по применению бетонов с противоморозными добавками» (НИИЖБ. Стройиздат. М., 1968).

фективно использование нитрита натрия или поташа.

**7.37.** *При выборе добавок следует учитывать, что наиболее дешевыми из них являются хлориды натрия и кальция, наиболее дорогими и дефицитными — нитрит натрия и поташ. Хлорид кальция и в особенности поташ сокращают сроки схватывания цемента, поэтому во избежание резкого ухудшения удобоукладываемости смеси их необходимо применять с пластификаторами типа СДБ. Нитрит натрия и НКМ несколько улучшают удобоукладываемость бетонной смеси.*

**7.38.** Количество добавок назначается по табл. 29 в зависимости от расчетной температуры твердения бетона, которая принимается для конструкций с $M_п \geqslant 12$ равной минимальной температуре воздуха, а с $M_п < 12$ и утепленных менее массивных — равной средней температуре бетона за период выдерживания до набора им распалубочной прочности, но не менее 50 кгс/см², или 50% $R_{28}$ (см. п. 7.34).

Таблица 29

## Рекомендуемое количество противоморозных добавок

| Расчетная температура бетона, °С | | Количество безводных добавок, % массы цемента | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NaNO_2$ | | $NaCl+CaCl_2$ | | $NaNO_2+CaCl_2$ | | $Ca(NO_3)_2+CO(NH_2)_2$ | | НКМ | | ННК+$CO(NH_2)_2$ | | ННХК | | ННХК+$CO(NH_2)_2$ | | $K_2CO_3$ | |
| от | до | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | |
| 0 | —5 | 4 | 6 | 3+0 | 3+2 | 1,5+1,5 | 2,5+2,5 | 2+2 | 3+3 | 3,5 | 5,5 | 3+1 | 4+1,5 | 3 | 5 | 3+1 | 4+1 | 5 | 6 |
| —6 | —10 | 6 | 8 | 3,5+1,5 | 4+2,5 | 3+3 | 4,5+4,5 | 3+3 | 5+5 | 6,5 | 9,5 | 5+1,5 | 7+2,5 | 6 | 9 | 5+1,5 | 7+2,5 | 6 | 8 |
| —11 | —15 | 8 | 10 | 3+4,5 | 3,5+5 | 4+4 | 6+6 | 6+2 | 9+3 | 9,5 | 14,5 | 6+2 | 9+3 | 8 | 12 | 6+2 | 9+3 | 8 | 10 |
| —16 | —20 | — | — | 2,5+6 | 3+7 | 5,5+5,5 | 8+8 | 8+2,5 | 11,5+4 | 12 | 18 | 8+2,5 | 11,5+4 | 8 | 12 | 8+3 | 12+4 | 10 | 12 |
| —21 | —25 | — | — | — | — | 5,5+5,5 | 8+8 | — | — | — | — | — | — | 8 | 12 | 8+3 | 12+4 | 12 | 15 |

Примечания: 1. *Оптимальное количество добавок при данной температуре бетона при работе на холодных материалах* назначается в зависимости от *В/Ц*, а при работе на оттаянных или подогретых материалах — от типа цемента и его минералогического состава:

при работе на холодных материалах в бетонах с *В/Ц* менее 0,5 количество добавок следует назначать по графам 1, с *В/Ц* более 0,5 — по графам 2;

при работе на оттаянных или подогретых заполнителях количество добавок следует назначать по графам 1; при использовании быстротвердеющих цементов и портландцементов, содержащих 6% и более трехкальциевого алюмината, и для других цементов количество добавки следует назначать по графе 2.

2. Процентная концентрация раствора затворения (с учетом влажности заполнителей) не должна превышать 23% для NaCl; 31% для $CaCl_2$; 28% для $NaNO_2$; 40% для $K_2CO_3$; 10%+10% для $NaNO_2+CaCl_2$; 9,5+6,5% для $Ca(NO_3)_2+CO(NH_2)_2$; 26% для НКМ, ННК+$CO(NH_2)_2$, ННХК+$CO(NH_2)_2$.

3. При температурах бетона до —5° С вместо хлорида натрия возможно применение хлорида кальция в количестве до 3% массы цемента.

Расчет средней температуры бетона производится по формуле

$$t_{б.ср} = t_{н.в} + \frac{c_б\gamma_б (t_{б.н} - t_{б.к}) + ЦЭ}{\tau K M_п}, \qquad (28)$$

где все буквенные обозначения, а также численные величины $c_б$, $\gamma_б$, $Ц$, $Э$, $K$ такие же, как и в формуле (22).

**7.39.** Подбор состава бетона, твердевшего на морозе, производится одним из общепринятых способов с учетом следующих особенностей:

получение проектной прочности бетона может быть установлено на срок до 180 сут; при температуре выше 0° С (после схватывания смеси) бетон должен приобрести проектную прочность через 28 суток;

марку бетона следует назначать, пользуясь ориентировочными данными табл. 30;

для получения заданной прочности в установленный срок иногда целесообразно увеличение марки бетона на одну ступень против проектной;

удобоукладываемость и жесткость назначаются, как и для обычного бетона.

**7.40.** Состав бетона, подобранный с учетом рекомендаций п. 7.39, проверяется на приготовленных в наиболее близких к производственным условиям контрольных замесах с введением в бетонную смесь количества солей, выбранного в соответствии с п. 7.38. При этом определяется температура, подвижность и время, в течение которого сохраняется необходимая подвижность бетонной смеси. Если добавки излишне пластифицируют бетонную смесь, то ее подвижность понижают за счет уменьшения воды без изменения количества солей. При необходимости увеличения времени сокращения требуемой подвижности бетонной смеси, особенно с добавкой поташа, рекомендуется понизить ее температуру или ввести СДБ либо мылонафт в количестве до 2% массы цемента.

**7.41.** Методика расчета состава бетона с противоморозными добавками и определения количества добавок солей приведены в примерах п. 7.50. Данные о содержании в растворах безводных солей, их плотности и температуре замерзания приведены в приложении VIII.

**7.42.** Соли следует вводить в состав бетона только в виде водных растворов рабочей концентрации, которые приготовляются смешением максимально концентрированного (но исключающего выпадение осадка) раствора солей с водой до введения в бетоносмеситель. Соотношение между концентрированным раствором соли и водой устанавливается при расчете состава бетона (см. п. 7.50)

**7.43.** Для повышения скорости растворения солей их следует дробить, подогревать раствор и перемешивать его с помощью лопастных мешалок, сжатым воздухом или паром. Растворы, содержащие мочевину, следует подогревать при температуре не выше 40° С. Растворы солей рабочей концентрации перед началом и в процессе работ необходимо перемешивать, не допуская их расходования при наличии осадков нерастворившихся солей.

Растворы СДБ и мылонафта рекомендуется готовить концентрированными и вводить по расчету в рабочий солевой раствор.

**7.44.** При приготовлении бетонной смеси с противоморозными добавками необходимо учитывать следующее:

Таблица 30

**Ориентировочные величины прочности бетонов с противоморозными добавками на портландцементах**

| Вид добавки | Расчетная температура твердения бетона, °С | Прочность, % $R_{28}$, при твердении на морозе за период (сут) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 | 14 | 28 | 90 |
| $NaNO_2$ | —5 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| | —10 | 20 | 35 | 55 | 70 |
| | —15 | 10 | 25 | 35 | 50 |
| $NaCl+CaCl_2$ | —5 | 35 | 65 | 80 | 100 |
| | —10 | 25 | 35 | 45 | 70 |
| | —15 | 15 | 25 | 35 | 50 |
| | —20 | 10 | 15 | 20 | 40 |
| $Ca(NO_3)_2+$ | —5 | 40 | 55 | 70 | 90 |
| $+CO(NH_2)_2$, | —10 | 30 | 40 | 50 | 70 |
| ННК $+CO(NH_2)_2$, | —15 | 20 | 30 | 45 | 60 |
| НКМ | —20 | 10 | 20 | 35 | 50 |
| $NaNO_2+CaCl_2$, | —5 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| ННХК, | —10 | 25 | 45 | 55 | 90 |
| ННХК+ | —15 | 20 | 35 | 50 | 80 |
| $+CO(NH_2)_2$, | —20 | 15 | 30 | 40 | 60 |
| | —25 | 10 | 20 | 30 | 45 |
| $K_2CO_3$ | —5 | 50 | 65 | 75 | 100 |
| | —10 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| | —15 | 25 | 40 | 65 | 80 |
| | —20 | 25 | 40 | 55 | 70 |
| | —25 | 20 | 30 | 50 | 60 |

Примечания: 1. При использовании быстротвердеющих портландцементов приведенные величины умножаются на коэффициент 1,2, а смешанных (шлаковых и пуццолановых) — на 0,8.

2. При использовании нитрита натрия в виде жидкого продукта, а также при сочетании противоморозных добавок с поверхностно-активными (СДБ, мылонафт) приведенные величины умножаются на коэффициент 0,8.

3. Интенсивность твердения бетона должна уточняться строительной лабораторией.

бетонную смесь с добавкой хлорида или нитрита натрия рекомендуется применять с температурой 10—35° С, а с остальными добавками — с температурой 10—15° С;

температура бетона после укладки и уплотнения должна быть выше температуры замерзания раствора затворения не менее чем на 5°;

для приготовления бетонной смеси могут применяться неподогретые материалы, но без включения льда, снега и смерзшихся комьев; при необходимости подогрева составляющих бетона (воды и реже песка) температура определяется расчетом по п. 7.10.

7.45. При работе на холодных заполнителях рекомендуется следующий порядок загрузки: сначала загружается песок и щебень и одновременно заливается рабочий раствор с СДБ или мылонафтом; после их перемешивания в течение 1,5—2 мин загружается цемент; общая продолжительность перемешивания не менее 4—5 мин.

7.46. В случае быстрого схватывания бетонной смеси можно применять сухие смеси с перемешиванием на объекте с рабочим раствором солей.

7.47. Укладка бетона в фундаменты, дорожные и другие наземные покрытия может производиться на уплотненное непучинистое промерзшее основание.

7.48. Замоноличивание стыков бетонных и железобетонных конструкций бетоном (раствором) с противоморозными добавками производится без предварительного отогрева стыкуемых элементов.

7.49. Если в процессе выдерживания бетона, требования к морозостойкости и водонепроницаемости которого соответственно более Мрз 200 и В2, его температура может опуститься ниже указанной в табл. 29, конструкцию необходимо утеплять. Расчет утепления (коэффициента теплопередачи $K$) производится по формуле (22).

7.50. Пример расчета состава бетона, твердеющего на морозе.

1. Выявляются данные:

модуль поверхности конструкции — $M_п = 14$;

марка бетона — 200 с подвижностью смеси 2—3 см;

ожидаемая минимальная температура воздуха в период укладки и твердения бетона в первые 10—15 сут 9° С;

вид добавки — $NaCl$ и $CaCl_2$;

количество добавок $NaCl$ — 3,5%; $CaCl_2$ — 1,5%;

относительная прочность в заданные сроки (по табл. 30);

расход материалов на 1 м³ бетона, применяемого в летний период:

портландцемента 300 кг; песка 640 кг;

щебня 1280 кг; воды 165 л.

2. Определяется необходимое количество солей на 1 м³ бетона:

$$NaCl — 300 \cdot 0{,}035 = 10{,}5 \text{ кг};$$
$$CaCl_2 — 300 \cdot 0{,}015 = 4{,}5 \text{ кг}.$$

3. Определяется количество концентрированных растворов на 1 м³ бетона.

Приняв плотность приготовляемых концентрированных растворов при температуре 20° С 1,172 для $NaCl$ и 1,293 для $CaCl_2$, находим по таблице приложения VIII количество солей, содержащихся в 1 л раствора принятой плотности для $NaCl$ — 0,27 кг, $CaCl_2$ — 0,401 кг, тогда потребуется раствора:

$$NaCl — 10{,}5 : 0{,}27 = 38{,}9 \text{ л};$$
$$CaCl_2 — 4{,}5 : 0{,}401 = 11{,}2 \text{ л}.$$

4. Определяется содержание воды в найденных количествах концентрированных растворов $(1{,}172 \cdot 38{,}9 — 10{,}5) + (1{,}293 \cdot 11{,}2 — 4{,}5) = 35{,}1 + 10 = 45{,}1$ л.

5. Находится количество воды в заполнителях при влажности песка 3% и щебня 1,5% $(640 \cdot 0{,}03 + 1280 \cdot 0{,}015) = 38{,}4$ л.

6. Количество воды для затворения 1 м³ (за вычетом находящегося в заполнителях и в концентрированных растворах) определяется

$$165 - 45{,}1 - 38{,}4 = 81{,}5 \text{ л}.$$

7. Расход материалов для бетона с добавками солей:
цемента — 300 кг; раствора NaCl — 38,9 л;
песка (640×1,03) — 660 кг; раствора $CaCl_2$ — 11,2 л;
щебня (1280×1,015) — 1330 кг; воды — 81,5 л.

При контрольных замесах (п. 7.40) за счет пластифицирующего действия добавок количество воды можно уменьшить на 6%, т. е. до 76,6 л.

8. Устанавливается соотношение смешения концентрированных растворов NaCl, $CaCl_2$ и воды для получения раствора рабочей концентрации:

$$NaCl : CaCl_2 : H_2O = \frac{38{,}9}{38{,}9} : \frac{11{,}2}{38{,}9} : \frac{76{,}6}{38{,}9} = 1 : 0{,}288 : 1{,}969.$$

9. Определяется процентное содержание в растворе

$$NaCl = \frac{10{,}5 \cdot 100}{38{,}9 \cdot 1{,}172 + 11{,}2 \cdot 1{,}293 + 76{,}6} = 7{,}7\ \%;$$

$$CaCl_2 = \frac{4{,}5 \cdot 100}{38{,}9 \cdot 1{,}172 + 11{,}2 \cdot 1{,}293 + 76{,}6} = 3{,}3\ \%.$$

10. Находится по таблице приложения VIII температура замерзания раствора NaCl при концентрации 7,7% (—5° С) и $CaCl_2$ при концентрации 3,3% (—1,6° С). Температура замерзания раствора комплексной добавки (—5° С) + (1,6° С) = —6,6° С.

11. Устанавливается, что температура бетонной смеси после укладки и уплотнения не должна быть ниже (6,6—5° С) = 1,6° С. Аналогично производится расчет и при выборе одной добавки.

## Электротермообработка бетона

**7.51.** Электротермообработка бетона основана на преобразовании электрической энергии в тепловую непосредственно внутри бетона путем пропускания через него электрического тока с помощью электродов (электродный прогрев) либо в различного рода электронагревательных устройствах (ТЭН'ов, сетчатых, коаксиальных, инфракрасных и других нагревателей, тепло от которых подводится к бетону конвективно, контактно или радиационно (электрообогрев). При индукционном нагреве энергия электромагнитного поля преобразуется в стальной опалубке и арматуре в тепловую, которая передается бетону контактно.

**7.52.** Электротермообработка бетона при возведении монолитных конструкций в зимних условиях применяется для предотвращения замораживания бетона и ускорения его твердения при любой температуре наружного воздуха до приобретения прочности, требуемой по проекту производства работ.

**7.53.** Наиболее эффективным и экономичным способом электротермообработки является электродный прогрев, но область его применения ограничена трудностью обеспечения равномерного температурного поля в густоармированных конструкциях (см. п. 7.73).

**7.54.** Электродный прогрев армированных конструкций должен производиться при напряжении не свыше 127 В. При напряжении 127—220 В он может быть применен только на основе специально

разработанного и утвержденного руководством строительства ППР для отдельно стоящих конструкций, не связанных общим армированием с соседними участками, на которых в это время могут производиться работы.

Электродный прогрев бетона неармированных конструкций, а также обогрев железобетонных конструкций внешними электронагревателями и греющей опалубкой, конструкции которых исключают замыкание на бетон, может производиться при напряжении до 380 В в соответствии с проектом производства работ. Предварительный

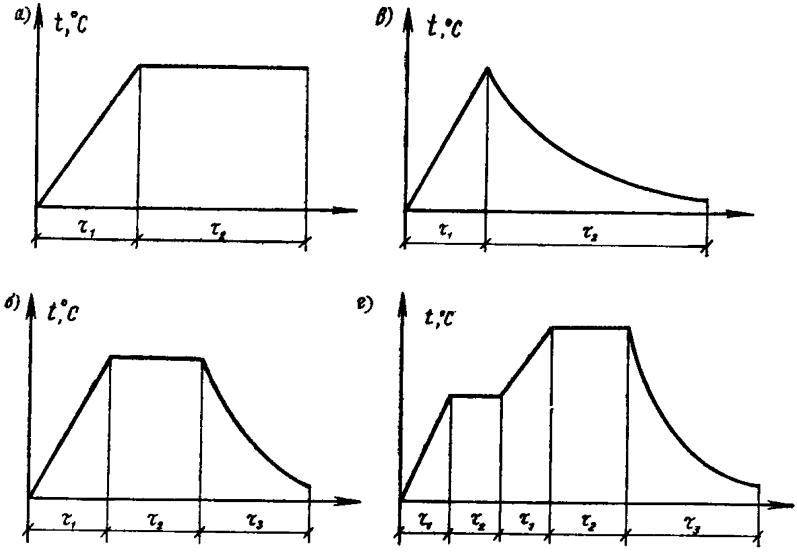



**Рис. 56. Температурные режимы электротермообработки бетонов**

*а* — разогрев и изотермический прогрев; *б* — разогрев, изотермический прогрев и остывание; *в* — разогрев и остывание; *г* — ступенчатый подъем температуры; $\tau_1$ — продолжительность подъема температуры; $\tau_2$ — продолжительность изотермического прогрева $\tau_3$ — продолжительность остывания

электроразогрев бетонной смеси осуществляется при напряжении 220—380 В.

**7.55.** Электротермообработку бетона наиболее эффективно производить до приобретения им прочности 50—60% $R_{28}$. При дальнейшей тепловой обработке интенсивность твердения замедляется, расход электроэнергии соответственно возрастает.

При необходимости получения прочности бетона сразу после прогрева в пределах от 50—60 до 70% $R_{28}$ рекомендуется, как правило, приготовлять бетоны на высокоактивных и быстротвердеющих цементах, применять составы с минимально возможным $В/Ц$, вводить в бетон добавки — ускорители твердения.

Для получения сразу после прогрева 70—100% $R_{28}$ следует повышать фактическую марку бетона.

**7.56.** Режимы электротермообработки бетона могут быть следующими:

а) разогрев и изотермический прогрев (рис. 56, *а*), при котором требуемая прочность бетона должна быть достигнута к моменту окончания изотермического прогрева, а прирост прочности за время остывания не учитывается; этот режим рекомендуется применять для конструкций с модулем поверхности 10 и выше;

б) разогрев, изотермический прогрев и остывание (рис. 56, *б*), при котором необходимая прочность бетона обеспечивается к концу его остывания, применяется для конструкций с модулем поверхности в пределах 6—15;

в) разогрев и остывание (рис. 56, *в*) — заданная прочность обеспечивается к концу остывания — применяется для конструкций с модулем поверхности до 8;

г) ступенчатый подъем температуры (рис. 56, *г*), при котором сначала производится прогрев при 40—50° С, выдерживание при этой температуре в течение 1—3 ч, а затем быстрый подъем до максимально допустимой для данной конструкции температуры изотермического прогрева; заданная прочность может достигаться как к концу изотермического прогрева, так и к концу остывания; применяется главным образом для предварительно напряженных конструкций;

д) саморегулирующийся режим (только при электродном прогреве), который осуществляется при постоянном напряжении на электродах; изменение температуры в конструкции при этом обратно пропорционально характеру изменения удельного электрического сопротивления бетона в процессе его твердения; температура бетона вначале возрастает, затем плавно снижается; применяется при прогреве бетона большого числа одинаковых конструкций (например, стыков), включаемых под напряжение по мере окончания бетонирования; для саморегулирующегося режима характерна определенная максимальная температура бетона для каждой величины скорости разогрева конкретной конструкции.

Температурные режимы электротермообработки бетона характеризуются следующими параметрами:

продолжительность предварительного выдерживания бетона;

скорость подъема температуры;

температура изотермического прогрева;

продолжительность изотермического прогрева;

скорость остывания.

**7.57.** До начала подключения электрического тока бетон целесообразно выдержать в течение 2—4 ч, особенно при скорости разогрева более 8° в час, если позволяет тепловой баланс смеси. Разогрев бетона в конструкции во всех случаях должен начинаться при его температуре не ниже +2° С.

**7.58.** Скорость подъема температуры не должна превышать:

в конструкциях с модулем поверхности от 2 до 6—8° в час;

в конструкциях с модулем поверхности более 6—10° С в час;

в каркасных и тонкостенных конструкциях небольшой протяженности (до 6 м), а также в конструкциях, возводимых в скользящей опалубке — 15° в час.

**7.59.** Изотермический прогрев должен производиться по возможности при максимально допустимой температуре, но не свыше значений, приведенных в табл. 31.

**7.60.** Продолжительность изотермического прогрева ($\tau_и$) в зависимости от требуемой после прогрева прочности и вида цемента ориентировочно может назначаться по графикам на рис. 54.

Таблица 31

**Наивысшие допустимые температуры бетона при электропрогреве**

| Цемент | Наивысшие температуры (°С) для конструкций с модулем поверхности | |
|---|---|---|
| | до 10 | свыше 10 |
| Шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент | 90 | 80 |
| Портландцемент | 80 | 70 |
| Быстротвердеющий портландцемент | 75 | 70 |

Примечания: 1. При периферийном электропрогреве конструкций с модулем поверхности менее 6 наивысшая температура не должна превышать 40° С (в наружных слоях).

2. Максимальная температура прогрева массивных конструкций с модулем поверхности менее 3 (особенно блоков гидротехнических сооружений) назначается в зависимости от условий охлаждения. Если не представляется возможность выдержать скорость охлаждения, указанную в п. 7.7, то температура прогрева не должна превышать 35° С.

3. Максимальная температура прогрева монолитных каркасных и рамных конструкций с жесткой заделкой узловых сопряжений не должна превышать 40° С во избежание возникновения больших температурных напряжений.

Окончательный режим прогрева для конкретного состава бетонной смеси устанавливается строительной лабораторией по результатам опытных прогревов.

**7.61.** Электротермообработка легких бетонов на пористых заполнителях в монолитных конструкциях обеспечивает получение заданной прочности при более коротких режимах, чем тяжелых бетонов. Эффективность электротермообработки легких бетонов тем выше, чем меньше их объемная масса.

Скорость подъема температуры легких бетонов с объемной массой до 1500 кг/м$^3$ может быть увеличена на 30% по сравнению с данными п. 7.58, температура изотермического прогрева — на 10° выше, чем указано в п. 7.59 (но не более 95° С). Продолжительность изотермического прогрева может быть принята по графикам рис. 54. Режимы электротермообработки легких бетонов с объемной массой более 1500 кг/м$^3$ должны быть примерно такими же, как для тяжелых бетонов.

Изотермический прогрев конструкций из легких бетонов с $M_п < 8$ можно прекращать при достижении бетоном прочности 40—50% $R_{28}$, так как в связи с пониженной теплопроводностью их остывание происходит замедленно и они к концу остывания приобретают прочность 70—80% $R_{28}$.

**7.62.** Для снижения расхода электроэнергии необходимо стремиться к получению требуемой прочности бетона в наиболее короткие сроки прогрева. С этой целью следует применять максимально допустимые температуры прогрева, сокращать длительность активного прогрева за счет учета нарастания прочности бетона при остыва-

нии, использовать быстротвердеющие цементы, применять смеси с минимальным расходом воды и ускорителями твердения.

**7.63.** Температура бетона при электротермообработке по возможности должна быть одинаковой во всех частях конструкции и не отличаться больше чем на 15° по длине и 10° по сечению элемента, а в приэлектродных зонах бетона температурный перепад не должен превышать 1° на 1 см радиуса зоны.

**7.64.** Выдерживание температуры бетона в соответствии с заданным режимом электротермообработки осуществляется следующими способами.

изменением величины напряжения, подводимого к электродам или электронагревательным устройствам;

отключением электродов или электронагревателей от сети по окончании подъема температуры;

периодическим включением и отключением напряжения на электродах и электронагревателей, в том числе в режиме импульсного прогрева бетона путем чередования коротких (как правило, продолжительностью в несколько десятков секунд) импульсов тока с паузами.

Перечисленные способы выдерживания заданного режима могут осуществляться как автоматически, так и вручную.

Во всех случаях температура бетона является основным параметром, по которому регулируется подача электроэнергии и заданный режим.

При этом максимально допустимые значения скорости подъема температуры не должны быть превышены на наиболее нагретых участках, а продолжительность изотермического прогрева необходимо определять по температуре наименее нагретых участков.

**7.65.** Расчет электротермообработки бетона заключается в определении (теплотехническом расчете) требуемой мощности на нагрев бетона, опалубки и на восполнение теплопотерь в окружающую среду, с учетом тепловыделения цемента, и в последующем определении электрических параметров (напряжения, силы тока, типа и размещения электродов или электронагревательных устройств и их характеристик), которые обеспечивают выделение тепла соответственно величине требуемой мощности.

**7.66.** Требуемая удельная мощность $P_п$, необходимая по теплотехническому расчету для нагревания 1 м³ бетона до заданной температуры, и мощность $P_и$ для изотермического прогрева может быть принята по табл. 32, 33 (применительно к бетону с объемной массой 2400—2500 кг/м³) или подсчитана по формулам:

$$P_п = P_1 + P_2 + P_3 - P_4 = \frac{c_б \gamma_б p}{860} + \frac{c_0 \gamma_0 \delta M}{860} \cdot \frac{p}{2} + \\ + \frac{KM(t_и + t_{б.н} - 2t_{н.в})}{860 \cdot 2} - 0{,}8 \text{ кВт/м}^3; \quad (29)$$

$$P_и = 1{,}16 \cdot 10^{-3} KM (t_и - t_{н.в}), \quad (30)$$

где $P_1$, $P_2$, $P_3$ — соответственно мощности для нагревания бетона, опалубки, восполнения теплопотерь в окружающую среду;

$P_4 = 0{,}8$ кВт/м³ — среднее значение мощности, эквивалентное экзотермическому теплу;

$p$ — скорость подъема температуры бетона, град/ч;
$c_0$ — удельная теплоемкость материала опалубки, ккал/град·кг (см. табл. 22);
$\gamma$ — плотность материала опалубки, кг;
$\delta$ — толщина стенок опалубки, м;
$K$ — коэффициент теплопередачи опалубки, ккал/м²·град·ч (см. табл. 23);
$t_и$ — температура изотермического выдерживания бетона или максимальная температура прогрева при отсутствии изотермического выдерживания, град.

Требуемая мощность $P_1$ для подъема температуры бетона с плотностью, не равной 2400 кг/м³, определяется по формуле

$$P_1 = P_п - (600 - c_1\gamma_1)\frac{p}{860},$$

где $P_п$ — значение мощности по табл. 32, кВт/м³;
$c_1$ — удельная теплоемкость легкого бетона, ккал·кг/град;
$\gamma_1$ — объемная масса легкого бетона, кг/м³.

Величины требуемой мощности при изотермическом прогреве не зависят от объемной массы и теплоемкости бетона и могут приниматься по табл. 33.

**7.67.** Удельный расход электроэнергии для прогрева бетона определяется по формуле

$$W = P_п T_п + P_и T_и; \quad T_п = \frac{t_и - t_{б.н}}{p}, \qquad (31)$$

где $T_п$ и $T_и$ — соответственно продолжительность подъема температуры и изотермического прогрева, ч.

**7.68.** При электротермообработке бетона особое значение приобретает пароизоляция неопалубленных поверхностей для предотвращения пересушивания бетона, а также теплоизоляция бетонируемой конструкции для выдерживания заданного режима при минимальном расходе электроэнергии и повышении равномерности температурного поля в бетоне. При этом рекомендуется использовать пароизоляционные и теплоизоляционные материалы, указанные в пп. 7.23, 7.28 и др.

Деревянные элементы инвентарной опалубки рекомендуется гидрофобизировать пропиткой маслянистыми веществами, например петролатумом.

## Электродный прогрев

**7.69.** При электродном прогреве бетон с помощью стальных электродов включается в цепь переменного тока как сопротивление.

**7.70.** Удельное электрическое сопротивление бетона $\rho$ является одним из основных исходных параметров при расчете электродного прогрева бетона и предварительного электроразогрева бетонной смеси.

Величина удельного электрического сопротивления бетона определяется главным образом количеством воды в единице объема, концентрацией в ней электролитов и температурой. Удельное электрическое сопротивление изменяется в процессе электропрогрева бетона: в течение первых 2—5 ч оно снижается до минимальной величины

Таблица 32

**Удельная мощность, необходимая в период подъема температуры бетона**

| Температура воздуха, °С | Скорость подъема температуры бетона, град/ч | Удельная мощность, кВт/м³, при модуле поверхности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | | | 10 | | | 15 | | | 20 | | |
| | | Температура изотермического прогрева, °С | | | | | | | | | | | |
| | | 40 | 60 | 80 | 40 | 60 | 80 | 40 | 60 | 80 | 40 | 60 | 80 |
| —10 | 5 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 4 | 4,3 | 4,6 | 4,7 | 5,1 | 5,6 | 5,4 | 5,9 | 6,5 |
| | 10 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 8 | 8,3 | 8,6 | 8,9 | 9,3 | 9,7 | 9,7 | 9,8 | 10, 9 |
| | 15 | 11 | 11,2 | 11,4 | 12 | 12,2 | 12,5 | 13,0 | 13,5 | 13,9 | 11,2 | 14,7 | 15,3 |
| —20 | 5 | 3,7 | 3,8 | 4 | 4,3 | 4,6 | 4,9 | 5,1 | 5,5 | 6 | 5,9 | 6,5 | 7,1 |
| | 10 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 8,3 | 8,6 | 8,7 | 9,3 | 9,7 | 10,1 | 10,3 | 10,9 | 11,5 |
| | 15 | 11,2 | 11,4 | 11,7 | 12,2 | 12,5 | 12,8 | 13,5 | 13,9 | 14,3 | 14,7 | 15,3 | 15,9 |
| —30 | 5 | 3,8 | 4 | 4,2 | 4,6 | 4,9 | 5,07 | 5,5 | 6 | 6,4 | 6,5 | 7 | 7,6 |
| | 10 | 7,6 | 7,8 | 7,9 | 8,6 | 8,8 | 9,1 | 9,7 | 10,1 | 10,6 | 10,9 | 11,1 | 12 |
| | 15 | 11,4 | 11,6 | 11,7 | 12,5 | 12,8 | 13,1 | 13,9 | 14,3 | 14,7 | 15,3 | 15,8 | 16,4 |

Таблица 33

## Удельная мощность, необходимая в период изотермического прогрева бетона

| Температура воздуха, °С | Удельная мощность, кВт/м³, при модуле поверхности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | | | 10 | | | 15 | | | 20 | | |
| | Температура прогрева, °С | | | | | | | | | | | |
| | 40 | 60 | 80 | 40 | 60 | 80 | 40 | 60 | 80 | 40 | 60 | 80 |
| —10 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,0 | 2,3 | 3,6 | 2,8 | 3,7 | 4,8 |
| —20 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 2,7 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 3,2 | 4,3 | 5,3 |
| —30 | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,9 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 3,7 | 4,8 | 5,9 |

Примечания: 1. Таблица составлена для скорости ветра $V$=0 м/с.

2. Данные таблицы приведены для деревянной опалубки толщиной 40 мм и укрытия неопалубленной поверхности с аналогичным коэффициентом теплопередачи.

3. Для опалубки из досок толщиной 25 мм и укрытия неопалубленной поверхности с аналогичным коэффициентом теплопередачи значения удельной мощности следует принимать в 1,5 раза больше указанных в таблице.

4. Таблица составлена для скорости ветра $V$=0 м/с.

5. Данные таблицы приведены для деревянной опалубки толщиной 40 мм и укрытия неопалубленной поверхности с аналогичным коэффициентом теплопередачи.

6. Для опалубки из досок толщиной 25 мм и укрытия неопалубленной поверхности с аналогичным коэффициентом теплопередачи значения удельной мощности будут превышать величины, указанные в таблице:

при скорости подъема температуры 5° в час примерно в 1,2 раза;

при скорости подъема температуры 10° в час примерно в 1,15 раза;

при скорости подъема температуры 15° в час примерно в 1,08 раза.

Таблица 34

**Коэффициенты уменьшения величины удельного сопротивления бетона при введении химических добавок**

| Наименование добавки | Коэффициент уменьшения при количестве добавки, % массы воды затворения | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 |
| Хлористый кальций | 1 | 0,85 | 0,7 | 0 60 | 0,5 | 0,4 |
| Хлористый натрий | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,35 |
| Хлорное железо | 1 | 0,88 | 0,77 | 0,69 | 0,62 | 0,53 |
| Азотнокислый натрий (нитрит натрия) | 1 | 0,86 | 0,52 | 0,63 | 0,54 | 0,48 |

Примечание. Степень снижения удельного сопротивления бетона при введении добавок тем больше, чем выше ρ бетона без добавок.

$\rho_{мин}$, которая составляет 0,5—0,85 от начальной величины в момент подачи напряжения на электроды $\rho_{нач}$, затем ρ начинает возрастать.

Величины $\rho_{нач}$ и $\rho_{мин}$ колеблются в пределах: соответственно от 400 до 2500 Ом·см и от 200 до 1800 Ом·см.

Увеличение содержания воды в бетоне вызывает существенное снижение ρ. Чем меньше испарение влаги в процессе электропрогрева, тем ниже $\rho_{мин}$ и тем медленнее растет удельное электрическое сопротивление бетона после достижения минимального значения.

Величины $\rho_{нач}$ и $\rho_{мин}$ уменьшаются с увеличением расхода цемента. На величины ρ существенно влияет содержание в цементе водорастворимых щелочей, в связи с чем удельное сопротивление бетонов одного состава на портландцементах разных заводов может различаться в 5 и более раз.

Введение в бетон химических добавок приводит к уменьшению ρ. Ориентировочные величины коэффициента уменьшения ρ при введении добавок приведены в табл. 34.

Добавки поверхностно-активных и воздухововлекающих веществ в обычно применяемых количествах практически не влияют на ρ бетона.

Повышение температуры снижает величину ρ, однако через несколько часов после начала электропрогрева это снижение может оказаться менее значительным, чем увеличение ρ вследствие процессов, происходящих за счет соответствующего ускорения твердения бетона (адсорбционное и химическое связывание воды), а также в результате испарения влаги.

Остывание свежеуложенного бетона вызывает повышение удельного сопротивления, а замерзание — настолько сильное повышение ρ,

что бетон при обычно используемых величинах напряжения на электродах практически перестает проводить электрический ток.

Приведенные закономерности изменения удельного электрического сопротивления бетонов в зависимости от перечисленных факторов относятся и к бетонной смеси, разогреваемой электрическим током. В последнем случае значительное влияние на ρ оказывает степень уплотнения смеси в устройстве для разогрева.

При расчете электродного прогрева бетона и предварительного электроразогрева бетонной смеси в качестве расчетного параметра $\rho_{расч}$ следует принимать полусумму величин начального и минимального удельного электрического сопротивления

$$\rho_{расч} = \frac{\rho_{нач} + \rho_{мин}}{2}. \qquad (32)$$

При предварительных расчетах, если $\rho_{нач}$ известно, можно принимать для бетона $\rho_{расч} = 0{,}85\ \rho_{нач}$.

Определение удельного электрического сопротивления бетона каждого конкретного состава производится экспериментальным путем в лабораторных условиях по методике, изложенной в приложении IX.

**7.71.** При выборе типа электродов необходимо руководствоваться следующими правилами:

электроды должны быть расположены, по возможности, на наружной поверхности прогреваемой конструкции, чтобы они не оставались в бетоне после прогрева; в случае применения внутренних электродов расход стали должен быть минимальным;

установку и подключение электродов (без подачи напряжения) предпочтительнее осуществлять до начала бетонирования, что упрощает и ускоряет производство работ.

Схемы размещения электродов должны удовлетворять следующим требованиям:

электрическая мощность при прохождении тока через бетон должна соответствовать мощности, требуемой по теплотехническому расчету (см. п. 7.66);

электрическое, а следовательно, и температурное поля в бетоне должны быть достаточно равномерными (см. п. 7.63).

**7.72.** Схемы размещения электродов и графики для расчета электропрогрева даны на рис. 57—63. Графики позволяют:

по заданному напряжению на электродах $U$, расстоянию между разноименными электродами $b$ и известному (определенному экспериментальным путем) удельному электрическому сопротивлению ρ найти величину электрической мощности $P$;

по заданным величинам электрической мощности $P$ и напряжения $U$, по известному удельному сопротивлению ρ найти необходимое расстояние между разноименными электродами $b$;

по заданным величинам электрической мощности $P$ и расстоянию между разноименными электродами $b$, по известному удельному сопротивлению ρ найти требуемое напряжение $U$.

Для сквозного прогрева полосовыми электродами (рис. 58, *а*) искомые величины определяются с учетом известной ширины полосовых электродов $a$ и толщины прогреваемой конструкции $B$; в случае прогрева стержневыми электродами — расстояния между одноименными электродами $h$ или ширины сечения тонкой конструкции $H$; при прогреве струнными электродами (см. рис. 63) — диаметра

струны $d$ и диаметра арматурных стержней $d_1$. В графиках и формулах не учтено влияние арматуры на величину электрической мощности. Ниже приведено описание основных типов электродов в порядке уменьшения их эффективности.

**7.73.** Арматурные стержни, расположенные вдоль направления движения тока, т. е. от электрода к электроду, искажают электрическое и, соответственно, температурное поле в бетоне, что может привести к местным перегревам и снижению прочности конструкции.

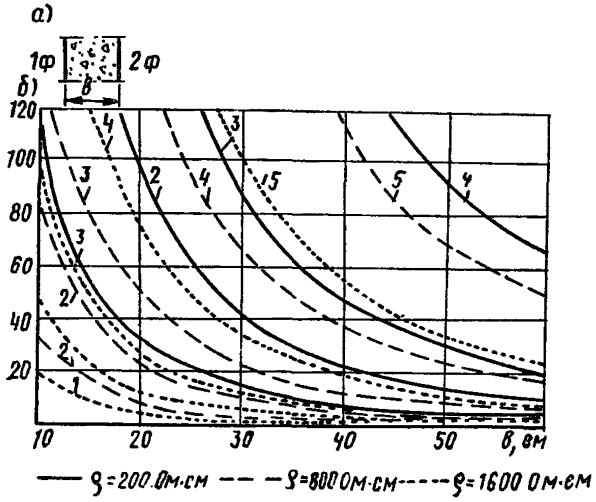



**Рис. 57. Схема размещения пластинчатых электродов (*а*) и график для электрического расчета прогрева (*б*) при напряжении**

*1* — 51В; *2* — 87В; *3* — 127В; *4* — 220В; *5* — 380В; *1ф*, *2ф* — разные фазы

Во избежание недопустимых местных перегревов бетона у электродов и арматуры и увеличения фактической величины электрической мощности более чем на 15—20% по сравнению с расчетной необходимо соблюдать следующие расстояния между электродами и арматурой при напряжении в начале прогрева: 51 В — не менее 3 см; от 60 до 70 В — не менее 5 см; от 87 до 100 В — не менее 7 см.

Указанные ограничения не относятся к прогреву пластинчатыми электродами и к импульсному электропрогреву.

**7.74.** Пластинчатые электроды (рис. 57) располагаются снаружи бетона на двух противоположных плоскостях конструкции, расстояние между которыми не превышает 40 см. Они обеспечивают равномерное температурное поле, подключаются до начала бетонирования, изготавливаются из кровельной стали, которая крепится к деревянной опалубке. В качестве пластинчатых электродов могут быть использованы стальные щиты опалубки. Эти электроды применяются для прогрева неармированных конструкций, а также конструкций с негустой арматурой — колонн, балок, прогонов прямоугольного сечения, стен, перегородок и т. п.

**7.75.** Полосовые электроды располагаются снаружи бетона, изготавливаются из полосовой или кровельной стали шириной 2—5 см; крепятся к деревянной опалубке. Полосы при отсутствии соответствующего металла могут быть заменены круглыми стержнями при соблюдении соотношения $d \geqslant \frac{a}{2}$ ($a$ — ширина полосы).

Полосовые электроды с двусторонним расположением для сквозного прогрева бетона (рис. 58, *а*) применяются вместо пластинчатых

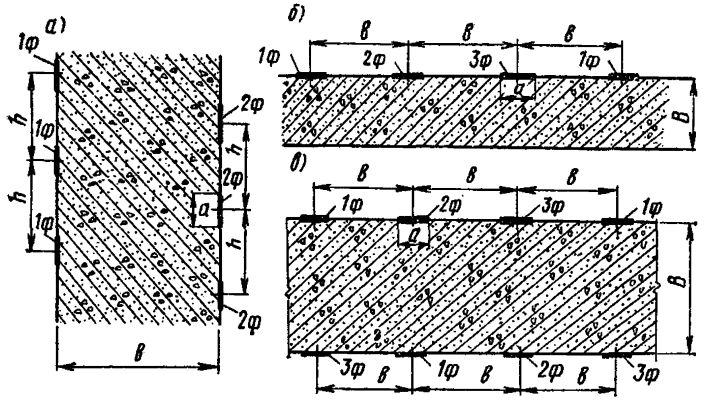



**Рис. 58. Прогрев бетона полосовыми электродами**

*а* — схема двухстороннего расположения электродов при сквозном прогреве; *б* — при переферийном прогреве; *в* — то же, двухстороннем

с целью экономии металла электродов. Они обеспечивают достаточно равномерное температурное поле в бетоне, подключаются до начала бетонирования. Электрическую мощность можно определить по графику (рис. 57, *б*), умножая полученные величины на коэффициент $Z$, значения которого даны в табл. 35.

Полосовые электроды для периферийного прогрева конструкций располагаются снаружи бетона (рис 58, *б* и *в*). Электрический ток проходит между соседними разноименными электродами, главным образом в периферийном слое бетона, толщина которого составляет около половины расстояния между соседними электродами.

Периферийный прогрев конструкций толщиной менее 30—40 см (предпочтительнее менее 20 см) можно, как правило, осуществлять полосовыми электродами с односторонним расположением (рис. 58, *б*) при негустой арматуре. Он особенно эффективен для конструкций, бетонируемых на бетонном или грунтовом основании, доступ к которым открыт только сверху,— полов, бетонных подготовок, бетонных и железобетонных покрытий площадок, днищ, а также перекрытий. В этом случае полосовые электроды крепятся к нижней поверхности инвентарных деревянных щитов, укладываемых на верхнюю поверхность конструкции по мере бетонирования.

Периферийный прогрев конструкции толщиной от 30 до 80 см можно осуществлять полосовыми электродами с двухсторонним раз-

Таблица 35

**Значения коэффициента $Z$ при сквозном прогреве бетона с двухсторонним расположением полосовых электродов**

| Расстояние между электродами, см | Коэффициент $Z$ при отношении $h/b$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,3 | | 0,4 | | 0,6 | | 0,8 | |
| | Ширина электрода $a$, см | | | | | | | |
| | 2 | 5 | 2 | 5 | 2 | 5 | 2 | 5 |
| 10 | 0,944 / 0,925 | — | 0,885 / 0,847 | — | 0,757 / 0,704 | 0,952 / 0,934 | — | 0,850 / 0,806 |
| 20 | 0,862 / 0,825 | 0,971 / 0,935 | — | 0,916 / 0,841 | — | 0,800 / 0,752 | — | 0,695 / 0,630 |
| 30 | — | 0,925 / 0,900 | — | 0,854 / 0,818 | — | 0,730 / 0,671 | — | — |
| 40 | — | 0,884 / 0,854 | — | 0,820 / 0,768 | — | — | — | — |
| 60 | — | 0,846 / 0,806 | — | — | — | — | — | — |

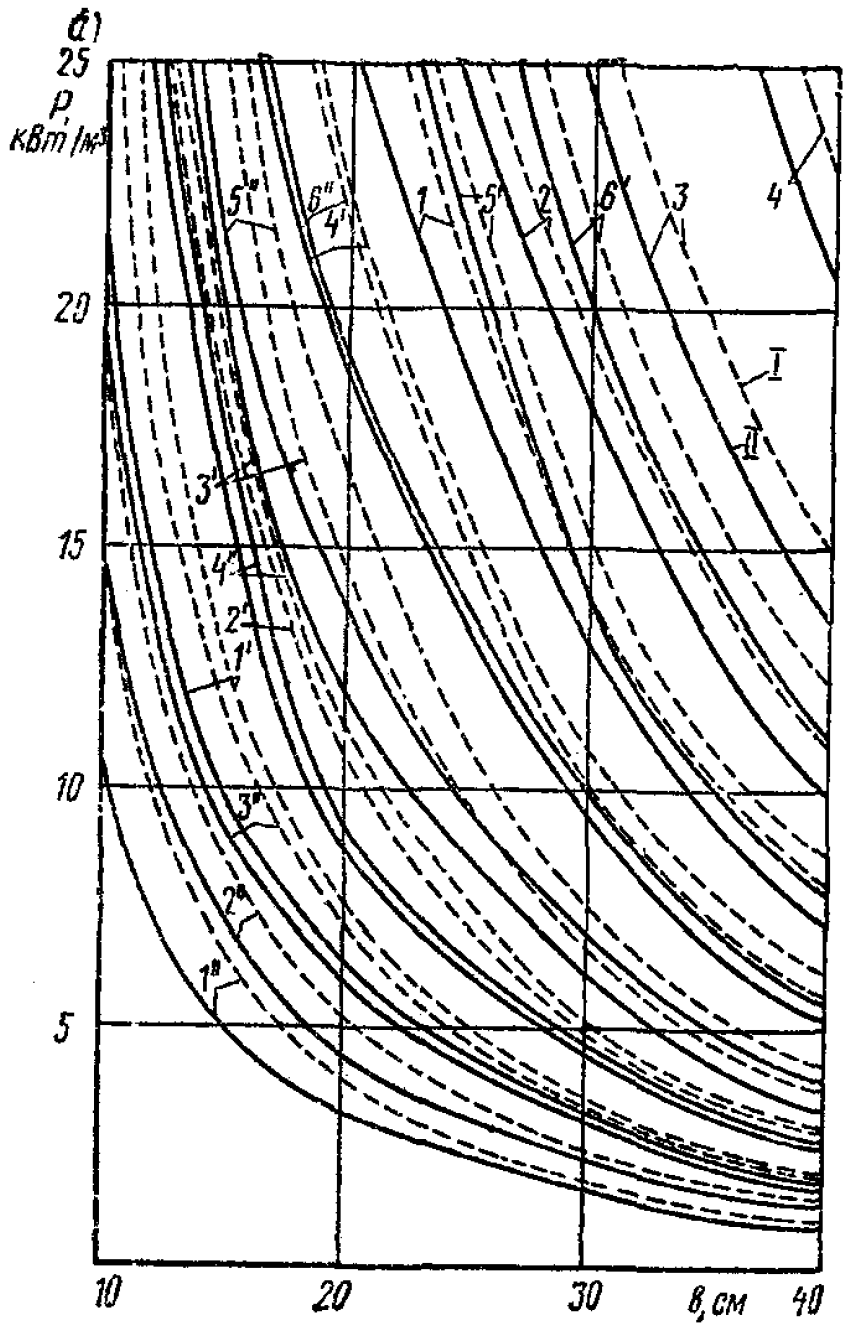
Примечание. В числителе значения $Z$ для трехфазного тока, в знаменателе — для однофазного.

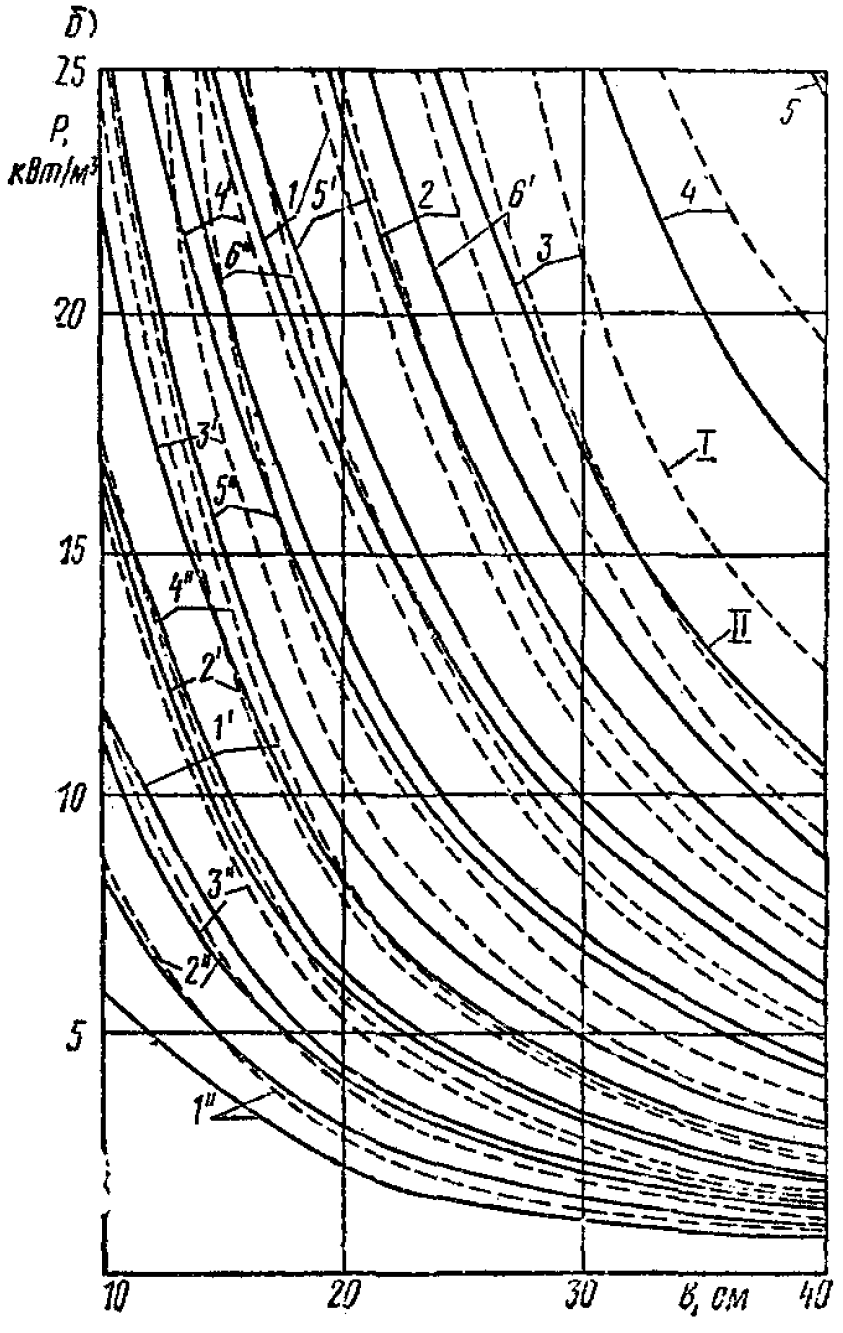
мещением, а более массивных — с размещением на всех поверхностях конструкции (рис. 60). При этом температура периферийных слоев бетона не должна превышать температуру в ядре конструкции во избежание неблагоприятного термонапряженного состояния конструкции и образования трещин на ее поверхности.

Периферийный прогрев с двухсторонним размещением полосовых электродов целесообразно использовать при бетонировании ленточных фундаментов в опалубке или враспор (в последнем случае электроды закрепляются на деревянных решетках, устанавливаемых вдоль стенок траншеи), колонн, балок, прогонов, перекрытий толщиной более 30—40 см и т. п. при условии исключения местных перегревов в связи с влиянием арматуры конструкций.

**7.76.** Стержневые электроды из круглой стали диаметром 0,6 см и более устанавливаются (забиваются) в бетон по мере или после окончания бетонирования конструкции, после прогрева они остаются в бетоне. Подключение производится по мере установки электродов или по окончании их установки. В зависимости от вида армирования конструкции и схемы размещения электродов температурное поле в бетоне может быть как достаточно равномерным, так и обладать значительной степенью неравномерности.

Стержневые электроды могут быть применены для прогрева любых конструкций, однако следует учитывать расход металла на электроды, остающиеся в бетоне, трудоемкость их подключения и не-


а)
25
P, кВт/м³
20
15
10
5
10
20
30
в, см
40
I
II
1
2
3
4
5
6
1'
2'
3'
4'
5'
6'
1''
2''
3''
4''
5''
6''


б)
25
P, кВт/м³
20
15
10
5
10
20
30
в, см
40
I
II
1
2
3
4
5
6
1'
2'
3'
4'
5'
6'
1''
2''
3''
4''
5''
6''

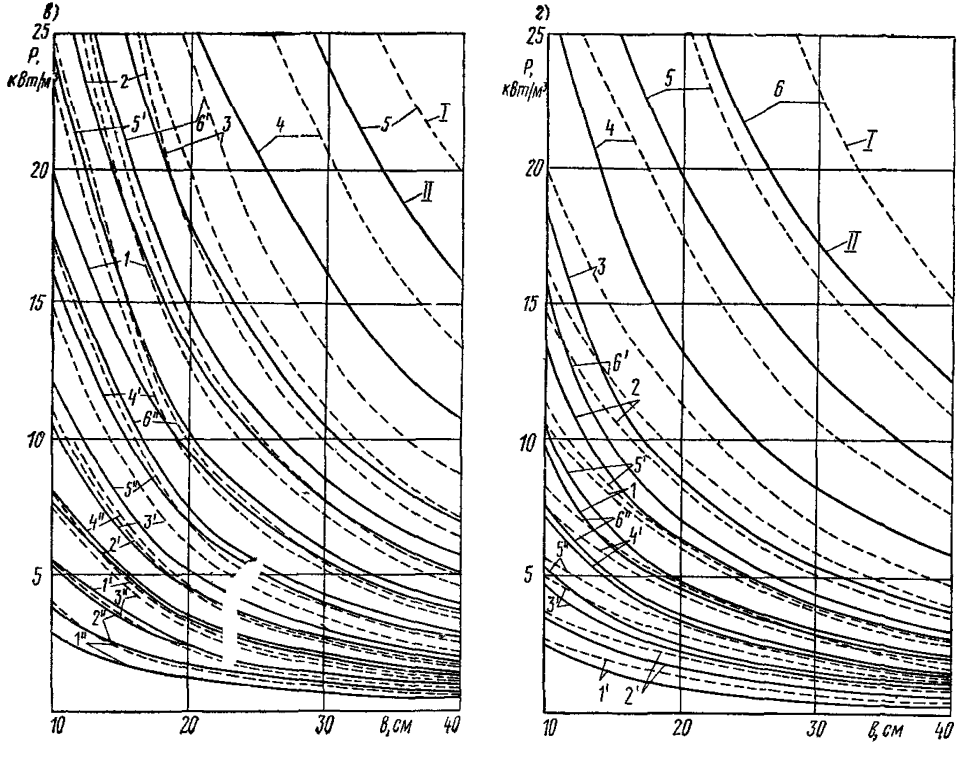



**Рис. 59. Графики для электрического расчета периферийного прогрева при одностороннем размещении полосовых электродов для толщины бетона (*В*) соответственно 5 см (*а*), 10 см (*б*), 20 см (*в*), 40 см (*г*) и при ширине электродов**

*I* — 2 см; *II* — 5 см; *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* — $\rho_{расч}$=200 Ом·см; *1'*, *2'*, *3'*, *4'*, *5'*, *6'* — 800 Ом·см; *1''*, *2''*, *3''*, *4''*, *5''*, *6''* — 1600 Ом·см; *1*, *1'*, *1''* — для напряжения 51 В; *2*, *2'*, *2''* — 60 В; *3*, *3'*, *3''* — 70 В; *4*, *4'*, *4''* — 87 В; *5*, *5'*, *5''* — 100 В; *6*, *6'*, *6''* — 121 В

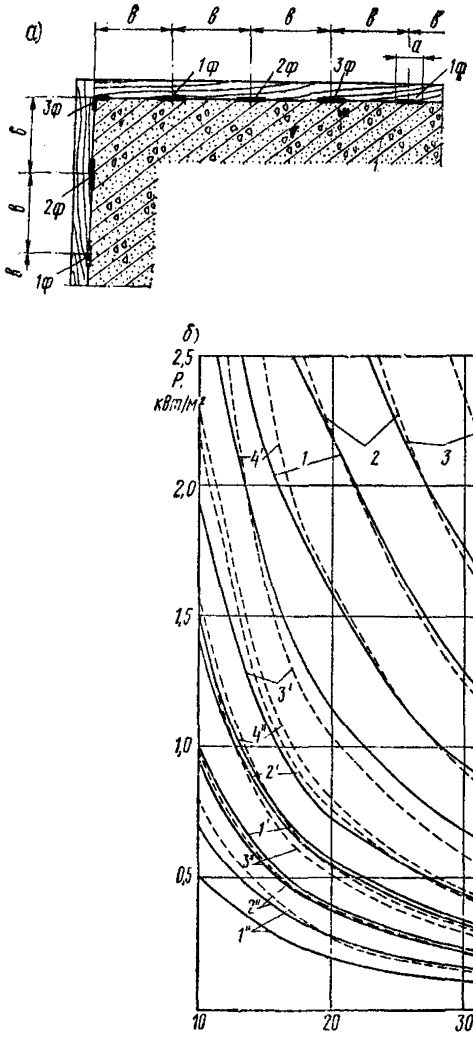



**Рис. 60. Периферийный прогрев бетона массивных конструкций полосовыми электродами**

*а* — схема размещения; *б* — график для электрического расчета; *I* — при ширине электрода 2 см; *II* — при ширине 5 см *1, 2, 3, 4* — $\rho_{расч}$=200 Ом·см; *1', 2', 3', 4'* — 800 Ом·см; *1'', 2'', 3'', 4''* — 1600 Ом·см; *1, 1', 1''* — для напряжения 51 В; *2, 2', 2''* — 60 В; *3, 3', 3''* — 70 В; *4, 4', 4''* — 87 В

обходимость значительного разрыва во времени от окончания бетонирования до начала прогрева.

Наиболее целесообразно применять стержневые электроды в виде плоских электродных групп (рис. 61), обеспечивающих достаточную равномерность температурного поля. Чем меньше расстояние $h$ между одноименными электродами в плоской группе, тем равномернее температурное поле, но больше расход металла на электроды, трудоемкость их установки и подключения.

При прогреве конструкций с весьма густой арматурой, когда невозможно использовать плоские группы, применяют одиночные

стержневые электроды, размещаемые в шахматном порядке на равных расстояниях $b=h$, которые составляют 20—40 см (рис. 62, *а*, *в*, *б*). Такое размещение приводит к значительной неравномерности температурного поля в бетоне.

При схеме *а* неравномерность значительно меньше, чем при схеме *б*, использовать которую не рекомендуется. График для электрического расчета приведен для схемы *а*.

При прогреве элементов малой ширины, например 3—4 см, следует использовать одиночные стержневые электроды, размещенные цепочкой (рис. 61, *б*). В этом случае расчет прогрева можно производить по графику рис. 61, *в*, принимая $h=H$.

К стержневым относятся и так называемые плавающие электроды — стальные прутки, втапливаемые на глубину 3—4 см в бетон (раствор) конструкций малой толщины — подливок, набетонок и т. п., либо при периферийном прогреве верхних неопалубленных поверхностей массивных конструкций. Расчет прогрева тонких элементов плавающими электродами производится по графику на рис. 61, *а*, а при периферийном прогреве — на рис. 58, *б* и *в*.

**7.77.** Струнные электроды представляют собой отдельные прутки, установленные в бетоне вдоль оси конструкции и подключаемые, как правило, до начала бетонирования. Они остаются в бетоне после прогрева. Эти электроды обусловливают температурное поле со значительной степенью неравномерности. Применяются для прогрева конструкций, длина которых во много раз больше размеров поперечного сечения колонн, балок, прогонов и т. п.

При прогреве конструкций прямоугольного сечения с четырьмя продольными арматурными стержнями в углах струну, устанавливаемую по оси конструкции, подключают к одной фазе, а арматурный каркас — к другой (рис. 63, *а*).

Вместо одной струны в конструкциях значительной длины возможна установка двух или трех струн, подключенных к разным фазам (рис. 63, *б*, *в*). Электрический ток проходит от одной струны к другой через бетон и электроды или арматуру на периферии конструкции. При этих схемах приближенный расчет прогрева можно производить по графику рис. 63, *г*, уменьшая значение мощности, установленной по графику при двух струнах в 2, а при трех — в $\sqrt{3}$ раза.

В случае когда по расчету диаметр струны получается более 12—16 мм, в целях повышения равномерности температурного поля и сокращения расхода металла следует заменять струну эквивалентным пучком струнных электродов меньшего диаметра (рис. 64).

**7.78.** При использовании кольцевых электродов, а также электродов других типов, не упомянутых в пп. 7.74—77, их необходимо привести к одной из показанных на рис. 57—63 расчетных схем с учетом конфигурации конструкции и ее армирования.

**7.79.** Использование в качестве электродов арматуры прогреваемой конструкции, как правило, не рекомендуется во избежание пересушивания приэлектродных слоев и, следовательно, уменьшения сцепления арматуры с бетоном.

Примечание. В случае необходимости использования арматуры в качестве электродов следует принять меры во избежание перегрева бетона в приэлектродных слоях путем уменьшения скорости подъема температуры бетона.

**7.80.** Допустимая длина электрода $l_{д\,эл}$ определяется потерей напряжения по его длине. При потере 2,5% величины подаваемого

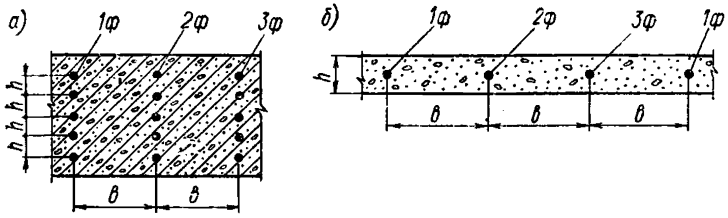



**Рис. 61. Прогрев бетона с помощью плоских групп стержневых электродов**

*а* — схема размещения плоских групп; *б* — схема размещения стержневых электродов в узком сечении; *в* — график для электрического расчета; *1, 2, 3, 4, 5* — соответственно 51 В; 60 В; 70 В; 87 В; 103 В

напряжения, подводимого к одному концу электрода, допустимая длина $l_{д.эл}=5000\ fR_б$, к двум концам — $l_{д.эл}=10\,000\ fR_б$, где $f$ — сечение электрода, см²; $R_б$ — электрическое сопротивление бетона между двумя соседними электродами (группами):

$$R_б=\frac{U^2}{1000\,P}; \qquad (33)$$

$P$ определяется по графикам рис. 57—63.

**7.81.** Импульсный (прерывистый) способ подачи напряжения на электроды позволяет осуществить регулирование температуры бетона при отсутствии понижающих трансформаторов с нужной ступенью вторичного напряжения, обеспечивая при этом точное выдерживание заданного температурного режима электропрогрева. Система автоматики, представленная на рис. 65, позволяет осуществить непрерывное чередование импульсов и пауз с регулированием их продолжительности под нагрузкой в процессе прогрева.

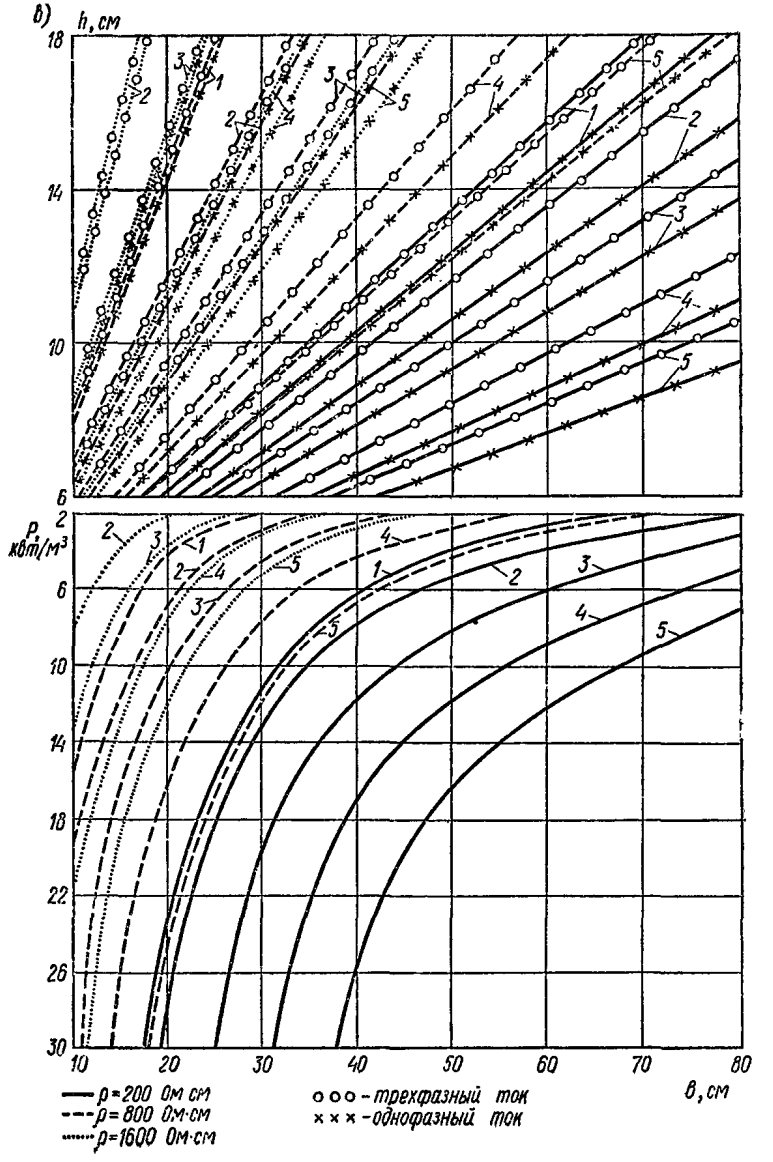
При применении импульсного способа подачи напряжения на электроды необходимо определить требуемую продолжительность импульсов $\tau_1$ и пауз между ними $\tau_2$.

Превышение продолжительности импульса сверх установленной приводит к снижению качества прогреваемого бетона. Выбранная продолжительность импульса принимается постоянной на протяжении всего процесса электропрогрева, а выдерживание заданного температурного режима прогрева осуществляется путем регулирования продолжительности паузы.

Для нахождения допустимой продолжительности импульса сначала (см. п. 7.66) определяется требуемая мощность $P_0$, далее по графикам рис. 57—63 определяется требуемое значение напряжения $U_0$ на период подъема температуры при прогреве обычным способом с непрерывной подачей напряжения на электроды, затем в соответствии с величиной напряжения при импульсном прогреве $U_{имп}$ по отношению $\frac{U_{имп}}{U_0}$ и требуемой мощности $P_0$ устанавливается допустимая продолжительность импульсов тока (рис. 66).

Величина паузы между импульсами тока определяется по формуле

$$\tau_2=\tau_1\left[\left(\frac{U_{имп}}{U_0}\right)^2-1\right]. \qquad (34)$$


в)
h, см
18
14
10
6
2
6
10
14
18
22
26
30
p, квт/м³
10
20
30
40
50
60
70
80
в, см
p=200 Ом см
p=800 Ом·см
p=1600 Ом·см
ooo - трехфазный ток
××× - однофазный ток

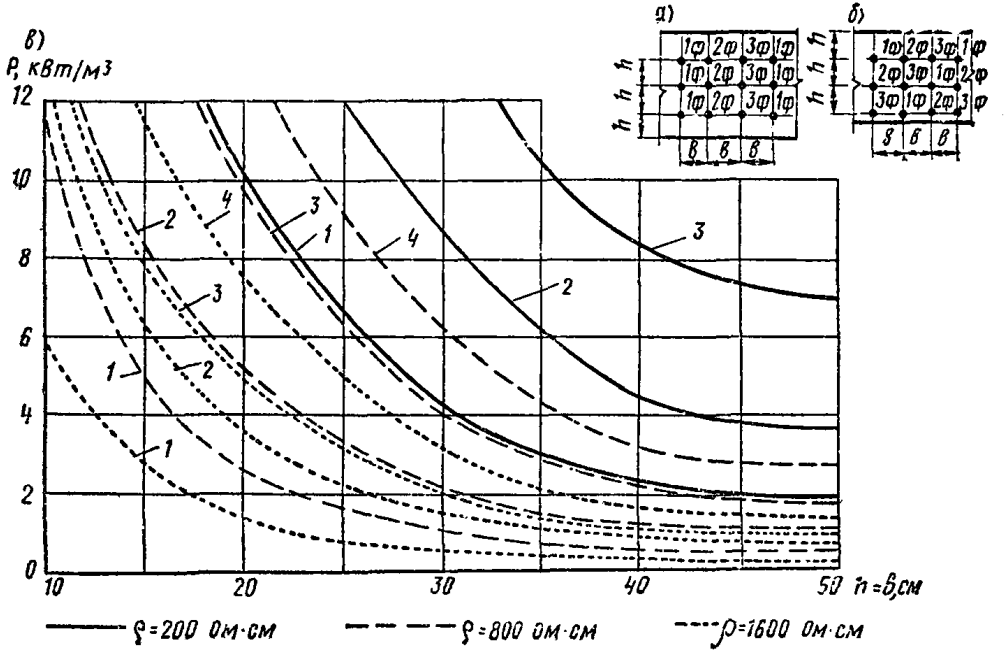



**Рис. 62. Прогрев бетона одиночными стержневыми электродами с шахматным расположением**

*а, б* — схемы подключения; *в* — график для электрического расчета; *1, 2, 3, 4* — соответственно 36 В; 51 В; 60 В; 70 В

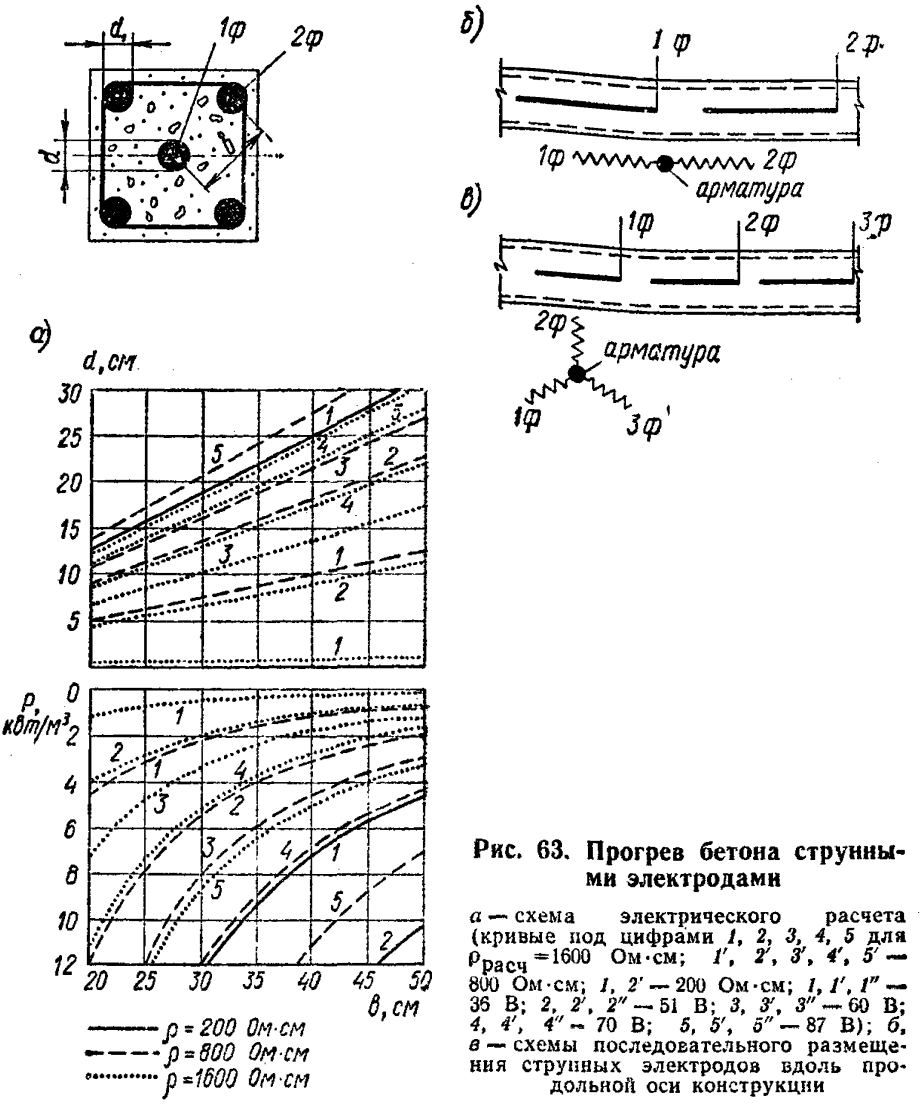



**Рис. 63. Прогрев бетона струнными электродами**

*а* — схема электрического расчета (кривые под цифрами *1*, *2*, *3*, *4*, *5* для $\rho_{расч}$ = 1600 Ом·см; *1'*, *2'*, *3'*, *4'*, *5'* — 800 Ом·см; *1*, *2'* — 200 Ом·см; *1*, *1'*, *1''* — 36 В; *2*, *2'*, *2''* — 51 В; *3*, *3'*, *3''* — 60 В; *4*, *4'*, *4''* — 70 В; *5*, *5'*, *5''* — 87 В); *б*, *в* — схемы последовательного размещения струнных электродов вдоль продольной оси конструкции

По величине начального требуемого напряжения $U_0$ подсчитывается начальная продолжительность паузы $\tau_2$, которую в дальнейшем необходимо изменять плавно или ступенями в соответствии с заданным температурным режимом. При ступенчатом изменении продолжительности паузы количество ступеней может быть любым и определяться необходимой точностью выдерживания режима прогрева.

В целях снижения мощности, требуемой для электропрогрева, может быть применен так называемый групповой импульсный прогрев, при котором объем бетона, подлежащий тепловой обработке, делится на определенное число $n$ примерно равных по объему участков. Импульсы подаются не на весь объем, а последовательно, сна-

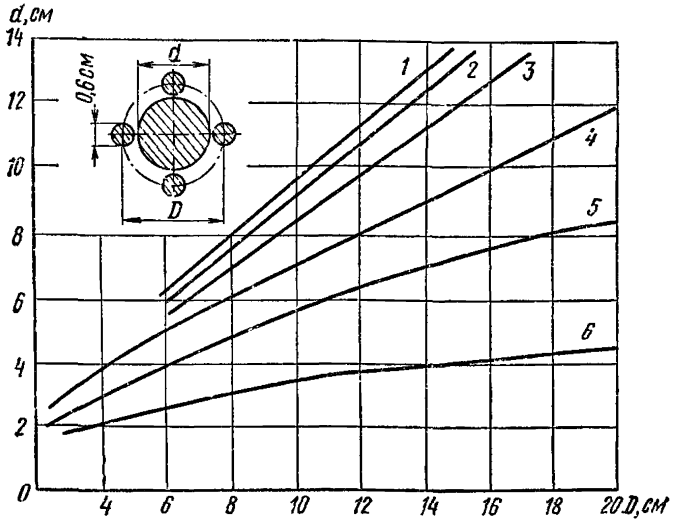



**Рис. 64. График для определения электрически эквивалентных диаметров пучков электродов**

*1* — 10 электродов; *2* — 8; *3* — 6; *4* — 4 электрода; *5* — 3; *6* — 2

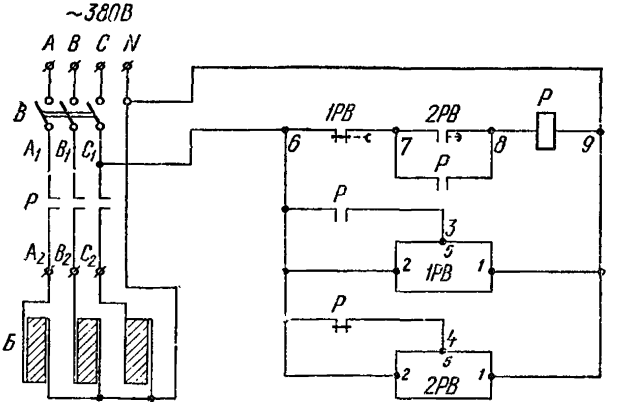



**Рис. 65. Принципиальная схема автоматизации импульсной подачи тока на электроды**

*1РВ, 2РВ* — реле времени; *Р* — контактор-магнитный пускатель

чала на один участок, затем на второй, третий и т. д., образуя серию следующих друг за другом импульсов. Такие серии $n$ равных по продолжительности импульсов чередуются с регулируемой паузой. Непременным условием группового импульсного прогрева является следующее неравенство:

$$n\tau_1 < \tau_2^{\text{мин}}. \qquad (35)$$

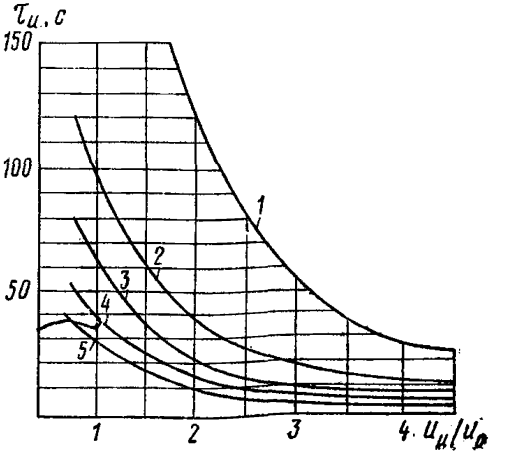



**Рис. 66. График для определения продолжительности импульса тока ($\tau_и$) при электродном прогреве**

Кривые *1, 2, 3, 4, 5* — требуемая мощность $P_0$ при непрерывном прогреве в период подъема температуры соответственно 2, 6, 10, 14, 18 кВт/м³; $U_и$ и $U_0$ — напряжение на электродах соответственно при импульсном и непрерывном способах. В

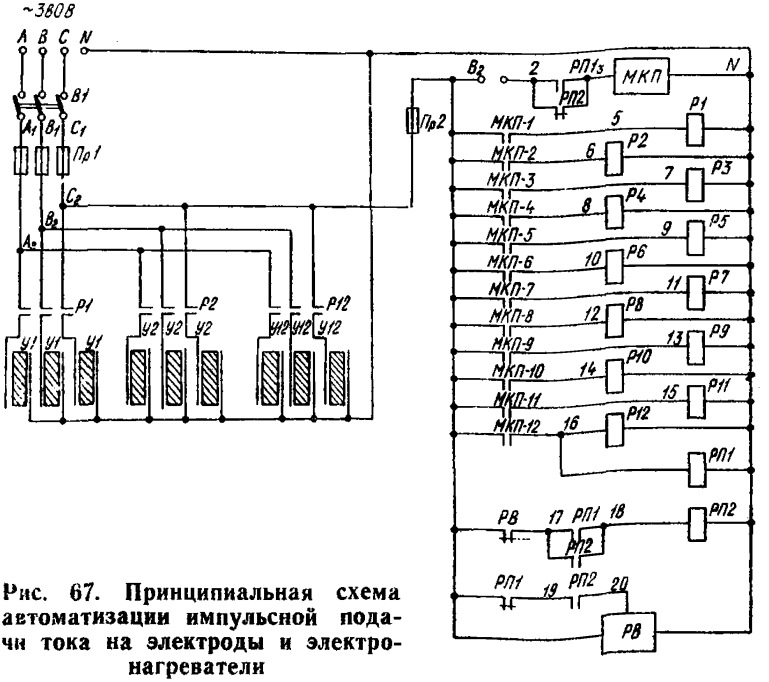



**Рис. 67. Принципиальная схема автоматизации импульсной подачи тока на электроды и электронагреватели**

Групповой импульсный прогрев позволяет снизить мощность, необходимую для прогрева, в $n$ раз и приблизить ее к мощности при обычном способе прогрева с непрерывной подачей напряжения на электроды.

Принципиальная схема, позволяющая осуществить групповой импульсный электропрогрев бетона, представлена на рис. 67.

7.82. Подключение полосовых электродов на инвентарных накладных панелях, укладываемых по ходу бетонирования, а также стержневых электродов, устанавливаемых в процессе бетонирования, разрешается производить под напряжением по мере их установки, строго соблюдая правила техники безопасности (см. гл. 12 Руководства).

После подключения электродов каждый щит следует вибрировать в течение нескольких секунд для плотного прилегания его к бетону и надежного контакта электродов с бетоном. Для более удобного подключения проводов концы закрепленных на опалубке полосовых электродов должны выступать за кромки опалубки на 50—80 мм и иметь отверстия для болтов. Длина стержневых электродов выбирается так, чтобы электрод выступал за слой утеплителей на 5—8 см. Установку (забивку) стержневых электродов в бетон можно производить как до укрытия неопалубленных поверхностей изоляцией, так и после укрытия, проделывая отверстия для электродов в пароизоляционном материале.

Для удобства установки плоские электродные группы можно изготавливать в виде решеток с двумя стержнями, приваренными поперек электродов в их верхней части, выступающей над бетоном.

Если стержневые электроды установлены в бетон, недостаточно подвижный для самопроизвольного заполнения возникающих при забивке пустот, то по окончании установки электродов бетон необходимо подвергнуть уплотнению трамбованием или вибрацией. Струнные электроды диаметром не более 5—6 мм должны быть установлены в опалубке, натянуты и закреплены до бетонирования конструкций. Струнные электроды диаметром более 8 мм можно подвешивать к арматуре на крючках, изолированных надетыми на них отрезками резиновой трубки, либо крепить к специальным поперечным стержням, которые должны быть забиты в отверстия, просверленные в боковых элементах опалубки.

При установке электродов до бетонирования конструкций выдерживание требуемого расстояния между электродами и арматурой достигается применением различных изоляторов — цементных, пластмассовых, текстолитовых и др. (рис. 68), укрепленных на арматуре с помощью тонкой проволоки. При установке электродов до бетонирования конструкции в некоторых случаях для фиксации расстояния от арматуры до щитов-электродов или бортов с нашивными электродами допускается установка между арматурой и бортом деревянных реек соответствующей толщины, которые извлекаются по мере укладки бетона и его уплотнения.

Закладные детали должны находиться на требуемом расстоянии от электродов (п. 7.73); если соблюдение минимально допустимого расстояния невозможно, закладные детали следует изолировать полимерной пленкой, толем, рубероидом и т. п.

Поверхность электродов должна быть очищена от ржавчины, масляных пятен, остатков старого бетона.

7.83. Перед началом бетонирования производится осмотр установленных электродов, соединений проводов, отпаек и др. В процес-

се бетонирования необходимо следить за тем, чтобы установленные в опалубке струнные, кольцевые или иного типа электроды не были смещены.

Перед подачей напряжения на электроды следует проверить правильность их установки и подключения, качество контактов и отпаек, которые могли быть нарушены при бетонировании; расположение температурных скважин или установленных в бетоне датчиков температуры; правильность укладки утеплителя.

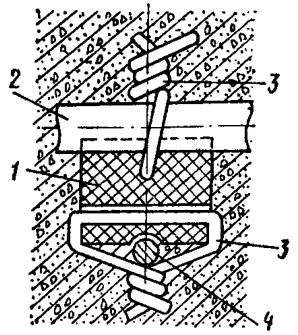



**Рис. 68. Изолятор для выдерживания требуемого расстояния между электродом и арматурой**

*1* — изолятор; *2* — арматурный стержень; *3* — проволочная скрутка; *4* — стержневой электрод

Замеченные недостатки необходимо устранить, после чего установить временное ограждение с предупредительными плакатами и сигнальными лампами.

Сразу после подачи напряжения на электроды дежурный электрик должен проверить все контакты, отпайки, устранить причину короткого замыкания, если оно произошло (пошатыванием или смещением либо отключением стержневого электрода). При необходимости отключения стержневого электрода следует рядом установить новый. Перегоревшие отпайки должны быть заменены.

7.84. При прогреве бетона стыков, бетонная смесь в полости которых при температурах ниже 0° С остывает очень быстро, рекомендуется применять электроды, подключаемые до начала бетонирования. Бетонная смесь, попав в полость стыка между электродами, на которые подано напряжение, сразу начинает разогреваться. В этом случае отпадает необходимость отогревать промороженные стыкуемые элементы.

Если подача напряжения на электроды до начала бетонирования невозможна, следует добавлять в бетонную смесь при ее приготовлении 10% нитрита натрия, который понижает температуру замерзания смеси и позволяет закончить бетонирование, установку и подключение электродов до замерзания бетона стыка.

## Предварительный электроразогрев бетонной смеси

7.85. Сущность бетонирования с предварительным электроразогревом бетонной смеси заключается в быстром подъеме ее температуры до 40—90° С перед укладкой путем пропускания тока сетевого напряжения 220—380 В, укладке ее в горячем состоянии и в после-

дующем твердении бетона до приобретения требуемой прочности в процессе его медленного остывания в утепленной опалубке.

Применение предварительного электроразогрева бетонных смесей, как правило, позволяет: исключить подогрев заполнителей и ограничиться только их оттаиванием, увеличить допускаемую продолжительность транспортирования бетонной смеси на морозе, обеспечить приобретение бетоном высокого процента относительной прочности в сравнительно короткие сроки без прогрева его в конструкции.

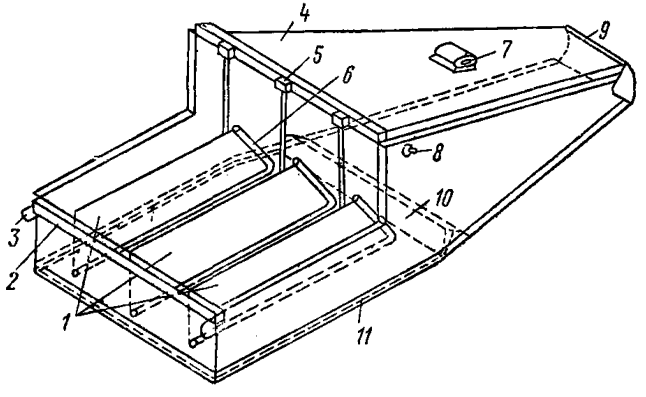



**Рис. 69. Схема бункера для электроразогрева бетонной смеси**

*1* — пластинка-электрод; *2* — отбойный брус; *3* — подъемная петля; *4* — корпус бункера; *5* — токоподводящее устройство; *6* — трубы, приваренные по контуру к электродам; *7* — вибратор; *8* — болт для провода защитного заземления; *9* — затвор для выгрузки бетонной смеси; *10* — порожек; *11* — листовая резина для электроизоляции днища бункера

Предварительный электроразогрев бетонной смеси производится вблизи места ее укладки (на посту электроразогрева) в специальных бункерах для разогрева (рис. 69) или в кузовах автосамосвалов (рис. 70).

7.86. Мощность, необходимая для электроразогрева смеси, определяется теплотехническим расчетом по формуле

$$P = 1{,}2\,\frac{c_{б.с}\,\gamma_{б.с}V_{б.с}p}{860}, \qquad (36)$$

где $c_{б.с}$ — удельная теплоемкость бетонной смеси, принимается 0,25 ккал/кг·град;

$\gamma_{б.с}$ — объемная масса бетонной смеси с учетом разрыхления, определяемая экспериментальным путем, кг/м$^3$;

$V_{б.с}$ — объем бетонной смеси в бункере или в кузове автосамосвала, м$^3$;

1,2 — коэффициент, учитывающий теплопотери смеси в процессе разогрева;

$p$ — скорость разогрева, град/ч, вычисляется по формуле

$$p = 60 \frac{t_к - t_н}{\tau}, \qquad (37)$$

$t_к$ — конечная температура разогрева смеси, град;
$t_н$ — начальная температура смеси перед разогревом, град;
$\tau$ — продолжительность разогрева, принимается 5—15 мин.

Продолжительность разогрева смеси принимается с учетом интенсивности загустевания смеси в процессе разогрева и наличием электрических мощностей.

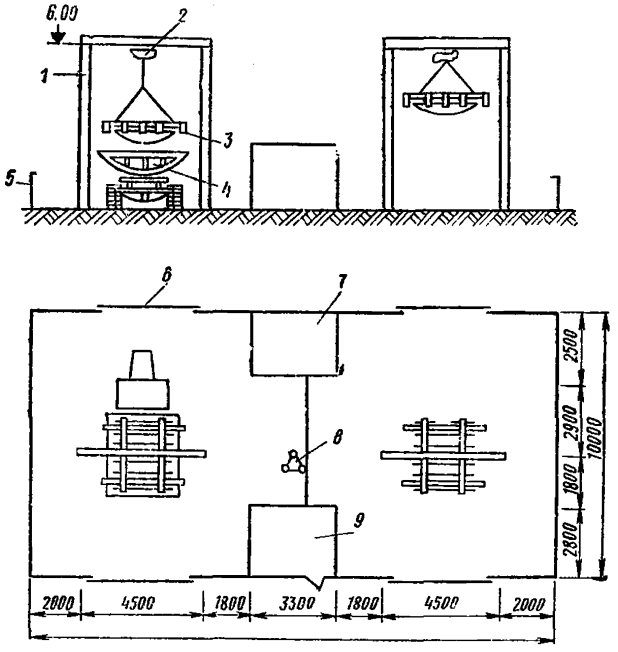



**Рис. 70. Двухъячейковый пост для электроразогрева бетонных смесей в кузовах автосамосвалов ЗИЛ-585**

*1* — портал; *2* — тельфер; *3* — рама с опускными электродами; *4* — автосамосвал; *5* — ограждение; *6* — шлагбаум; *7* — трансформаторная подстанция (КТПН); *8* — заземление; *9* — пульт управления разогревом

Максимальная температура разогрева смеси определяется расчетом (см. п. 7.10). При этом она не должна превышать:

на портландцементах с содержанием $C_3A$ до 6% — 80° С;

на портландцементах с содержанием $C_3A$ более 6% — устанавливается строительной лабораторией после экспериментальной проверки;

на шлакопортландцементах — 90° С.

7.87. Расстояние между электродами в бункере для разогрева смеси или при разогреве в кузове автосамосвала определяется по формуле

$$b = 31{,}6\,U\sqrt{\frac{V_{б.с}}{P\rho_{расч}}}, \qquad (38)$$

где $U$ — напряжение на электродах, В;

$\rho_{расч}$ — расчетное электрическое сопротивление бетонной смеси, Ом·см (см. п. 7.70 и приложение IX).

Для получения по формуле (38) расстояния между электродами, соответствующего размерам бункера, принятым конструктивно (см. ниже), или размерам кузова автосамосвала, можно:

изменять продолжительность разогрева смеси в пределах, указанных в п. 7.86;

изменять напряжение на электродах в пределах 220—380 В;

уменьшать удельное электрическое сопротивление бетонной смеси введением в нее добавок (см. п. 7.70);

последовательным включением в цепь одноименных электродов двух бункеров или двух установок для разогрева смеси в самосвалах.

Площадь электрода определяется по формуле

$$S \geqslant \frac{V_{б.с}}{bn}, \qquad (39)$$

где $n$ — количество электродов.

Площадь электрода в бункерах для разогрева смеси увеличивается по конструктивным соображениям, чтобы вся смесь в бункере с учетом угла естественного откоса находилась между электродами.

Максимальная сила тока в процессе разогрева смеси составляет

$$I = \frac{10 \cdot U \cdot S}{\sqrt{3}\,\rho_{мин}\,b}, \qquad (40)$$

где $\rho_{мин}$ — минимальное удельное электрическое сопротивление смеси в процессе разогрева, Ом·см.

7.88. Электрическая мощность при разогреве смеси равна:

$$P_э = \frac{U^2 V_{б.с}}{10\,\rho_{мин}\,b^2}, \qquad (41)$$

Мощность трансформатора для электроразогрева смеси вычисляется по формуле

$$P_{тр} = \frac{P_э}{\eta \cos\varphi\, K_{к.п}}, \qquad (42)$$

где $\eta$ — к. п. д. трансформатора;

$K_{к.п}$ — коэффициент кратковременной перегрузки трансформатора, равный 1,3.

По величине $P_{тр}$ подбирается трансформатор для электроразогрева бетонной смеси (см. п. 7.105).

7.89. Бункер для электроразогрева смеси (рис. 69) изготовляется из листовой стали. Он оборудован затвором для выгрузки смеси

Таблица 36

**Емкость и число бункеров, грузоподъемность кранов при электроразогреве смеси**

| Тип самосвала | Грузоподъемность автосамосвала, т | Объем перевозимой смеси, м³ | Число бункеров емкостью, м³ | | | | Грузоподъемность крана, т |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0,5 | 0,75 | 1,2 | 1,5 | |
| ГАЗ-93 | 2,5 | 0,9—1 | 2 | 2 | — | — | 1,5—2 |
| ЗИП-585 | 3,5 | 1,3—1,45 | 3 | 2 | 2 | — | 1,5—3,5 |
| ЗИЛ-555 | 5 | 1,8—2 | — | 3 | 2 | 2 | 2—6,5 |
| МАЗ-205 | 6 | 2,4—2,5 | — | — | 2 | 2 | 3,5—6,5 |

в конструкцию. Открытая часть бункера служит для приема смеси из самосвала. В бункере размещается 3—6 пластинчатых электродов.

Чтобы предотвратить повышенную плотность тока на кромках электродов, по их контуру следует приваривать трубу или круглые стержни, диаметр которых выбирается по расстоянию между электродами.

Электроды следует выполнять с закругленными углами. Рекомендуется изолировать днище бункера листовой резиной. В этом случае расстояние между днищем и электродами должно составлять 0,6 расстояния между электродами. Корпус бункера выполняется из стали толщиной не менее 4 мм, электроды — не менее 6 мм. Крепление электродов к корпусу производится с помощью изоляторов.

| Расстояние между электродами мм | Диаметр трубы или стержня, мм |
|---|---|
| 100 | 15 |
| 150 | 20 |
| 200 | 30 |
| 250 | 45 |
| 300 | 60 |
| 400 | 86 |

В месте, где начинается сужение бункера, следует предусматривать порожек, ограничивающий растекание смеси. На корпусе бункера должен быть установлен вибратор. Проведение напряжения к бункеру осуществляется с помощью быстродействующего контактного устройства — конусно-штепсельного разъема, ножевого устройства и т. п.

При определении размеров бункера, помимо объема разогреваемой смеси, следует учитывать, что, как правило, разгрузка смеси из самосвала происходит в два или три бункера, установленные рядом вплотную один к другому (рис. 71). Рекомендации для определения количества и типа бункеров приведены в табл. 36.

**7.90.** Предварительный электроразогрев в кузовах автосамосвалов производится с помощью опускных электродов (рис. 70). Электроды следует изготовлять из листовой стали толщиной не менее 6 мм и крепить к раме на изоляторах. Необходимо предусмотреть возможность изменения расстояния между электродами в зависимости от удельного электрического сопротивления разогреваемой смеси. На

раме должен быть укреплен вибратор. Подъем и опускание рамы производится тельфером или электроталью.

**7.91.** Пост для электроразогрева бетонной смеси в бункерах представляет собой площадку с сетчатым инвентарным ограждением. На посту устанавливается трансформатор с пультом управления (вне ограждения) и 2 либо 4 бункера для разогрева (рис. 71). Ворота для въезда автосамосвалов на пост и калитка в ограждении для прохода людей должны быть блокированы с системой подачи напряжения на электроды бункеров.

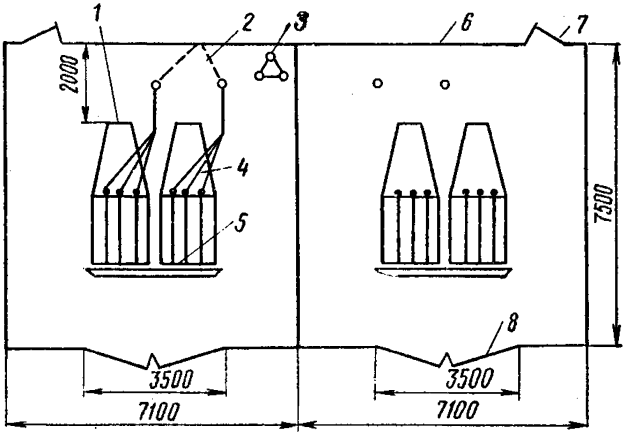



**Рис. 71. Двухъячейковый пост для электроразогрева бетонной смеси в четырех бункерах**

*1* — бункер; *2* — кабель; *3* — заземление; *4* — провод питающей сети; *5* — отбойный брус; *6* — ограждение; *7* — служебный проход (калитка); *8* — ворота для въезда автосамосвалов с задней разгрузкой

Пост электроразогрева смеси в кузовах автосамосвалов может включать одну или две ячейки (рис. 70) и также должен иметь блокировку ворот и калитки.

Электроразогрев смеси производится в следующем порядке:

*а) в бункерах*

бункера, очищенные от бетонной смеси, устанавливаются с помощью крана на посту в строго определенное положение и затем загружаются бетонной смесью непосредственно из автосамосвалов;

автосамосвал выезжает за пределы ограждения;

бетонная смесь, разгруженная в открытую приемную часть бункера, разравнивается и слегка уплотняется кратковременным включением вибратора, затем открытая часть бункера закрывается крышкой или брезентом;

после выхода людей за пределы ограждения специально обученный электрик, предварительно убедившись в отсутствии напряжения на проводах, предназначенных для питания электродов, присоединяет к корпусу одного из бункеров провод от защитного заземле-

ния, затем соединяет провода от питающей сети по одному к трем контактным выводам электродов и выходит за пределы ограждения, закрывая калитку;

производится подача напряжения на электроды и электроразогрев бетонной смеси до расчетной температуры, после чего напряжение отключается;

убедившись в отсутствии напряжения на контактных выводах, электрик входит в пределы ограждения и при открытой калитке отключает токоподводящие устройства и провод, идущий от защитного заземления;

бункер с разогретой бетонной смесью подается к месту бетонирования краном и смесь выгружается в опалубку;

после удаления первой бадьи за пределы ограждения площадки во второй производится разогрев в последовательности, аналогичной первой;

*б) в кузовах автосамосвалов*

автосамосвал въезжает на пост разогрева и останавливается в строго определенном положении под рамой с электродами, водитель выходит из кабины за пределы ограждения и закрывает калитку;

электрик присоединяет провод от защитного заземления к кузову;

проверив отсутствие людей в пределах ограждения, электрик включает привод электротельфера или электротали и, при работающем вибраторе, опускает электроды в бетонную смесь, находящуюся в кузове, после чего подает напряжение на электроды;

производится электроразогрев смеси до расчетной температуры, после чего напряжение отключается;

ворота ограждения открываются, водитель садится в кабину автосамосвала, выезжает с поста, доставляет смесь к месту бетонирования и разгружает в опалубку.

**7.92.** Операции по транспортированию и укладке бетонной смеси должны продолжаться не более 10 мин. Разогретая смесь укладывается в опалубку и уплотняется такими же способами, как и обычная смесь, но в максимально короткие сроки во избежание ее загустевания и остывания. Перегрузки разогретой смеси не допускаются.

Продолжительность остывания уложенного бетона определяется по формуле (22). По найденной продолжительности следует определять по графикам рис. 54 прочность бетона, достигаемую к концу остывания.

**7.93.** Емкости для электроразогрева смеси, в особенности электроды, должны быть очищены от остатков старого бетона. Очистку следует производить скребками, металлическими щетками или химическим путем нанесением специальной пасты (см. приложение X).

## Индукционный нагрев

**7.94.** Индукционный нагрев бетона основан на выделении тепла при протекании вихревых токов в стальной опалубке и арматуре конструкций, находящихся в электромагнитном поле индуктора (многовитковой катушки), через который пропускают переменный ток промышленной частоты. Тепло от металлической опалубки и арматуры передается бетону.

Индукционный нагрев применяется главным образом для электротермообработки бетона конструкций небольшого сечения — колонн, балок, а также бетона стыков. Он позволяет наиболее простым способом производить предварительный отогрев стыкуемых элементов.

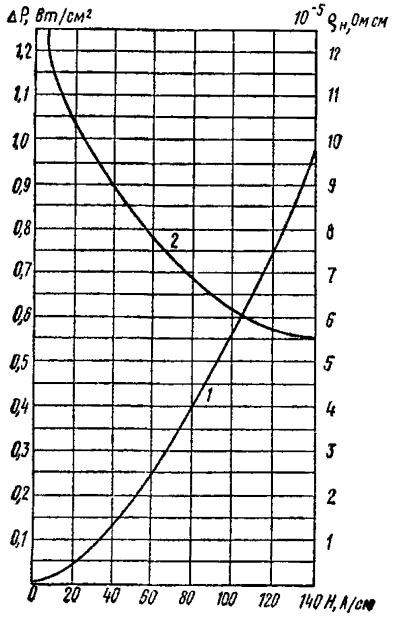



**Рис. 72. Зависимость удельного сопротивления стали $\rho_н$ (2) и величины удельной мощности $\Delta P$ (1) от напряженности магнитного поля $H$**

**7.95.** Расчет параметров индукционного электронагрева заключается в определении числа витков $N$ и силы тока $I$ в индукторе, которые обеспечивают при выбранном напряжении $U$ соблюдение принятого (см. п. 7.56) режима прогрева конструкций и подсчитываются по формулам:

$$N = \frac{U}{ZH}; \qquad (43)$$

$$I = \frac{Hh}{N}, \qquad (44)$$

где $h$ — высота индуктора, см;

$H$ — напряженность магнитного поля индуктора, А/см; определяется по рис. 72 в соответствии с указаниями п. 7.96;

$Z$ — общее сопротивление системы «индуктор — загрузка», Ом; определяется по формулам п. 7.97.

По найденной величине силы тока подбирается сечение проводов индуктора. Если расчетная величина силы тока по каким-либо причинам недопустима, то делается перерасчет. Исходя из допустимой силы тока $I_{доп}$ определяется количество витков $N$ и напряжение $U$ по формулам:

$$N = \frac{Hh}{I_{доп}}; \qquad (45)$$

$$U = NZH = \frac{H^2hZ}{I_{доп}}. \qquad (46)$$

**7.96.** Требуемая напряженность магнитного поля $H$ и удельное электросопротивление стали при этой напряженности $\rho_н$ определяются по рис. 72 в зависимости от удельной мощности $\Delta P$ теплового источника (арматуры, стальной опалубки), которая подсчитывается по формуле

$$\Delta P = \frac{P_{\text{п.т}}}{F}, \qquad (47)$$

где $P_{\text{п.т}}$ — электрическая мощность, кВт/м³, необходимая для подъема температуры бетона в конструкции до заданной, определяется по методике п. 7.66;

$F$ — площадь поверхности источника тепла, см², величина которой в зависимости от схемы армирования (см. рис. 73) определяется:

а) $F = \pi dnl$;

б) $F = \pi dnl + 2l_{\text{ж.к}}\,(a_{\text{ж.к}} + b_{\text{ж.к}})$;

в) $F = \pi dnl + 2l_{\text{ж.к}}\,(a_{\text{ж.к}} + b_{\text{ж.к}}) + 4\,(a_{\text{оп}} + b_{\text{оп}})\,l_{\text{оп}}$,

где $n$ — количество арматурных стержней;

$l$, $l_{\text{ж.к}}$, $l_{\text{оп}}$ — соответственно длина арматуры, высота каркаса, высота опалубки, см;

$a_{\text{ж.к}}$, $b_{\text{ж.к}}$, $a_{\text{оп}}$, $b_{\text{оп}}$ — соответственно длины сторон сечения каркаса и опалубки (см. рис. 73), см.

В расчете учитывается только продольная несущая арматура, находящаяся в зоне индуктора.

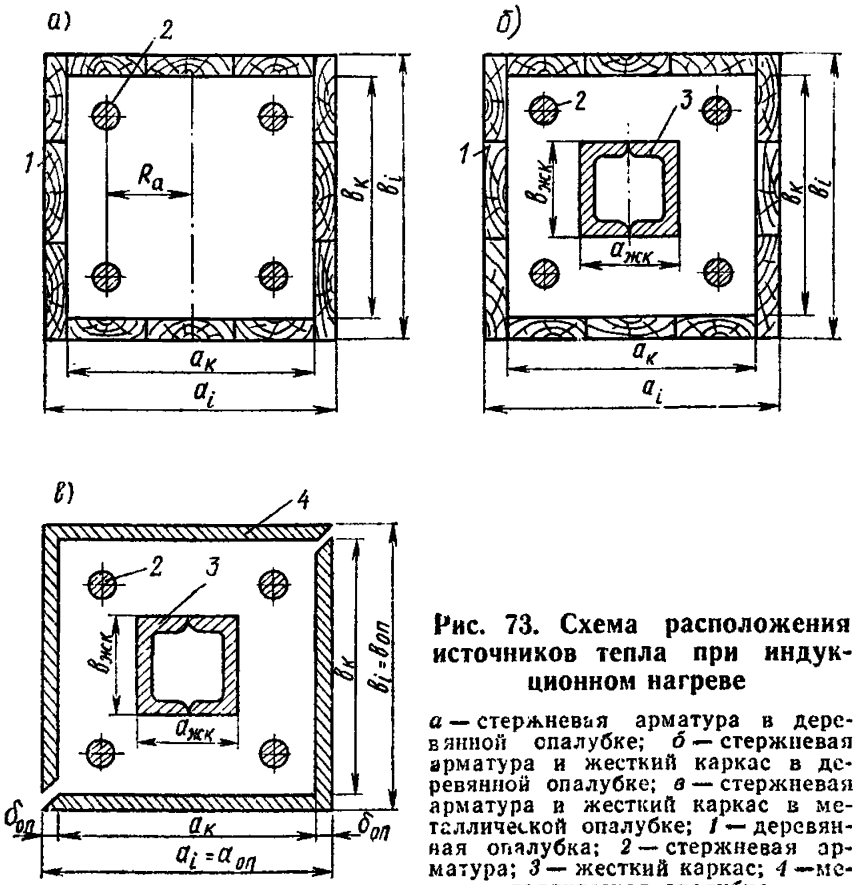



**Рис. 73. Схема расположения источников тепла при индукционном нагреве**

*а* — стержневая арматура в деревянной опалубке; *б* — стержневая арматура и жесткий каркас в деревянной опалубке; *в* — стержневая арматура и жесткий каркас в металлической опалубке; *1* — деревянная опалубка; *2* — стержневая арматура; *3* — жесткий каркас; *4* — металлическая опалубка

**7.97.** Общее сопротивление системы «индуктор — загрузка» определяется по формуле

$$Z = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2}\ , \qquad (48)$$

где $r$ — активное сопротивление системы, Ом, $r = r_i + r_s$;

$\omega L$ — индуктивное сопротивление системы, Ом, $\omega L = \omega L_i + \omega L_s$.

Активное сопротивление индуктора $r_i = AR_i$ для цилиндрического индуктора и $r_i = A(a_i + b_i) : \pi$ — для прямоугольного индуктора, где:

$A = 1{,}26 \cdot 10^{-5}$ Ом·см — для медного провода индуктора;

$A = 1{,}66 \cdot 10^{-5}$ Ом·см — для алюминиевого провода;

$R_i = R_к + \delta_{оп}$, $R_к$ — радиус конструкции, см; $\delta_{оп}$ — толщина опалубки, см,

$a_i$ и $b_i$ — длина сторон прямоугольного сечения индуктора;

$a_i = a_к + \delta_{оп}$ и $b_i = b_к + \delta_{оп}$,

где $a_к$ и $b_к$ — длины сторон сечения конструкции, см.

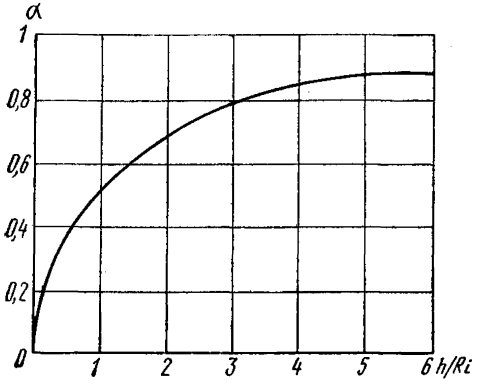



**Рис. 74. Зависимость коэффициента формы индуктора $\alpha$ от отношения высоты индуктора $h$ к радиусу индуктора $Ri$**

Активное сопротивление загрузки $r_s = П_s \rho_н$,

где $П_s$ — сумма периметров загрузки (см. рис. 73).

а) $$П_S = \pi dn;$$

б) $$П_S = \pi dn + 2(a_{ж.к} + b_{ж.к});$$

в) $$П_S = \pi dn + 2(a_{ж.к} + b_{ж.к}) + 4(a_{оп} + b_{оп}).$$

Индуктивное сопротивление для цилиндрического индуктора — $\omega L_i = BR_i^2 \alpha$

и для прямоугольного индуктора $\omega L_i = Ba_i b_i \alpha : \pi$,

где $B = 1{,}24 \cdot 10^{-5}$ Ом;

$\alpha$ — безразмерный коэффициент формы индуктора, принимается по рис. 74 в зависимости от отношения длины (высоты) индуктора к радиусу $hR_i$.

Индуктивное сопротивление загрузки $\omega L_s$ принимается равным $r_s$.

**7.98.** Расчет параметров изотермического нагрева сводится к определению напряжения, которое при сохранении полученного расче-

том (см. п. 7.95) количества витков $N$ индуктора обеспечивает соблюдение выбранной (в соответствии с рекомендациями п. 7.56) температуры изотермического нагрева конструкции и определяется по формуле $U_и = NZ_и H_и$ (49), а сила тока проверяется по формуле

$$I = \frac{H_и h}{N}, \qquad (50)$$

где $H_и$ определяется по рис. 72 в зависимости от удельной мощности теплового источника;

$$\Delta P_и = \frac{P_и}{F},$$

$P_п$ вычисляется по формуле (30).

Общее сопротивление $Z$ определяется так же, как и в п. 7.97, с подстановкой другого значения $\rho_н$, соответствующего удельной мощности $\Delta P_и$ (см. рис. 72).

**7.99.** До начала бетонирования на наружной стороне опалубки с двух противоположных сторон конструкции выставляются шаблоны с количеством пазов, равным расчетному числу витков индуктора. Пазы шаблона в центральной части конструкции, равной $^3/_5$ ее длины (высоты), располагают равномерно с шагом $\Delta$, а на концевых участках расстояния между витками постепенно уменьшают к краю до $0{,}5\,\Delta$. Затем в пазы индуктора спиральными витками укладывается провод.

Для компенсации теплопотерь в торцах стыков (в зонах контактов) высоту индуктора следует увеличивать на 16—20 см в обе стороны, укладывая выше и ниже зоны бетонирования по 3—4 витка индуктора сверх числа, определенного по расчету.

После монтажа индуктора и проверки его под нагрузкой производится предварительный отогрев арматуры (только при наличии на ней наледи), а при замоноличивании стыков — отогрев стыкуемых элементов. Затем производится укладка и уплотнение бетонной смеси. Индуктор на стальной опалубке желательно укрывать брезентом, мешковиной, минераловатными матами и т. п., на деревянной — только при температуре воздуха ниже — 15° С.

После укрытия открытых поверхностей паро- и теплоизоляцией на индуктор подается напряжение и начинается прогрев бетона.

**7.100.** По достижении бетоном максимальной расчетной температуры в зависимости от выбранного режима (см. пп. 7.56—7.61) переходят на изотермический прогрев, который обеспечивается либо переключением на более низкое напряжение, либо путем периодического включения и отключения напряжения с помощью автоматических устройств. В отдельных случаях допускается ручное регулирование изотермического прогрева периодическим отключением и включением напряжения.

**7.101.** Для индуктора используются изолированные провода марок ПРГ и АПРГ.

**7.102.** Обогрев бетона может производиться электронагревателями, установленными в опалубке конструкций — греющими кабелями или проводами, трубчатыми электронагревателями (ТЭНами), стержневыми, типа «стержень с трубой», коаксиальными, сетчатыми, пластинчатыми или инфракрасными излучателями, размещенными на

некотором расстоянии от конструкции — лампами типа ЗС, проволочными спиралями или плоскими нагревателями и др. *.

Выбор типа нагревателя производится в зависимости от конфигурации конструкции, вида опалубки, наличия материалов для нагревателей.

Режимы обогрева бетона внешними электронагревателями можно принимать в соответствии с положениями пп. 7.56—7.61 данного Руководства. Прочность бетона в результате обогрева внешними электронагревателями следует определять по графикам рис. 54.

## Электрооборудование

**7.103.** Монтаж и эксплуатация электрооборудования для электротермообработки бетона должны осуществляться с учетом требований «Правил устройства электроустановок».

**7.104.** При электропрогреве бетона для получения напряжения ниже 127 В применяются специальные многоступенчатые понижающие трансформаторы, технические характеристики которых приведены в табл. 37. При их отсутствии возможно применение других трансформаторов с соответствующим диапазоном напряжения на низкой стороне, параметры некоторых из них приведены в табл. 38.

При питании от трехфазной силовой сети однофазные трансформаторы следует соединять по три.

Для электроразогрева бетонной смеси необходимо применять силовые трансформаторы типа ТМН с несколькими ступенями напряжения на низкой стороне в пределах от 230 до 400 В либо силовые трансформаторы типа ТМ или ТС.

**7.105.** Каждый понижающий трансформатор (или группа трансформаторов, работающих параллельно при электропрогреве бетона одной захватки либо питании нагревательных элементов одной термоактивной опалубки) должен иметь распределительный щит (рис. 75), который монтируется на одной раме с трансформатором. Целесообразно применять передвижные установки из одного или нескольких трансформаторов и распределительного щита на одной раме. Для подключения большого количества токоподводящих проводов следует использовать софиты.

**7.106.** Для разводки в пределах прогреваемого участка бетона необходимо применять провода с гибкой водонепроницаемой изоляцией. Выбор типа и расчет сечений проводов рекомендуется производить согласно данным таблиц нагрузок на провода и поправочных температурных коэффициентов, имеющихся в «Правилах устройства электроустановок».

Присоединение токоподводящих проводов к софитам, пластинчатым и полосовым электродам, клеммам электронагревательных устройств и щитам термоопалубки должно осуществляться с помощью болтов, гаек и вилочных контактов.

Соединение одноименных полосовых электродов на соседних на-

---

* Описание конструкции греющей опалубки и инфракрасных излучателей, особенностей расчета и изготовления, монтажа и эксплуатации см. в «Руководстве по применению опалубки для монолитных железобетонных конструкций» (Вып. 2. М., Стройиздат, 1973 и вып. 3 М., Стройиздат, 1974), а также «Руководство по электротермообработке бетона» (М., Стройиздат, 1974).

кладных электродных щитах можно выполнять с помощью перемычек из голого провода.

**7.107.** Электрооборудование поста для предварительного электроразогрева бетонной смеси рекомендуется изготовлять в блочно-комплексном виде в составе:

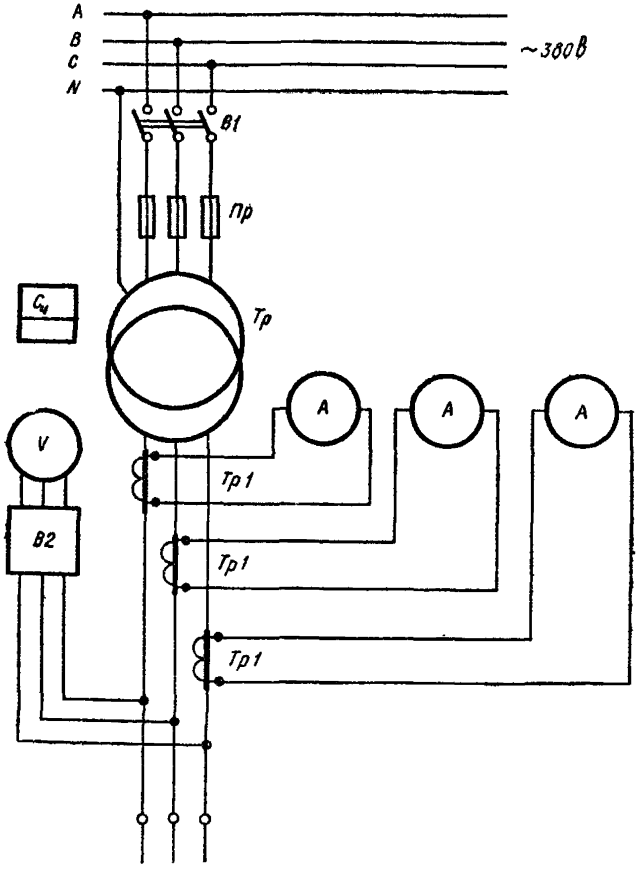



**Рис. 75. Электрическая схема распределительного щита**

блока силового трансформатора с распределительным щитом, комплектом автоматических устройств и пультом управления (в одном вагончике);

комплекта бункеров для электроразогрева смеси или опускных электродов для разогрева смеси в кузове самосвала;

сборно-разборного инвентарного ограждения.

Схема блокировки должна предусматривать снятие напряжения с электродов при открывании ворот и калитки ограждения.

Таблица 37

## Основные параметры специальных понижающих трансформаторов для электропрогрева

| Марка | Мощность, кВт | Напряжение, В | | Сила тока, А | | Масса, кг | Габаритные размеры, м | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | первичное | вторичное | первичная | вторичная | | | |
| ТМОА-50 | 50 | 380 | 121, 103<br>85, 70<br>60, 49 | 76, 65<br>53 | 239, 418 | 473 | 0,98×0,93×<br>×1,23 | Масляный трехфазный |
| ТМОБ-63 | 63 | 380 | 121, 103<br>85, 70<br>60, 49 | 95,8<br>81,6<br>69,3 | 301<br>520 | — | 1150×1200×<br>×1550 | То же |
| ТМО-50/10 | 50 | 380, 220 | 106,5; 87,5<br>61,5; 50,5 | 76, 131 | 270, 320<br>470, 670 | 890 | 1,45×1,29×<br>×0,89 | » |
| ТБ-20 | 20 | 380, 220 | 176, 102<br>88, 51 | 52,5, 91 | 196, 322 | 260 | 0,6×0,7×0,4 | Масляный однофазный |

Примечание. Габаритные размеры трансформатора ТМОБ-63 указаны для случая поставки его в виде комплектной подстанции типа КТП-63-ОК со шкафом управления на общей раме.

Таблица 38

**Параметры некоторых типов понижающих трансформаторов**

| Марка | Мощность, кВт | Напряжение, В | | Масса, кг | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | | первичное | вторичное | | |
| АОСК-25/0,5 | 16 | 380, 220 | 0—230 | 880 | Однофазный, с плавным непрерывным регулированием напряжения |
| АОМК-100/0,5 | 75 | 380, 220 | 0—230 | 2100 | То же |
| АОМК-250/0,5 | 180 | 380, 220 | 0—230 | 4975 | » |
| АТМК-100/0,5 | 100 | 220 | 22—220 | — | Трехфазный, с непрерывным регулированием напряжения |
| АТМК-180/0,5 | 180 | 380 | 38—380 | — | |

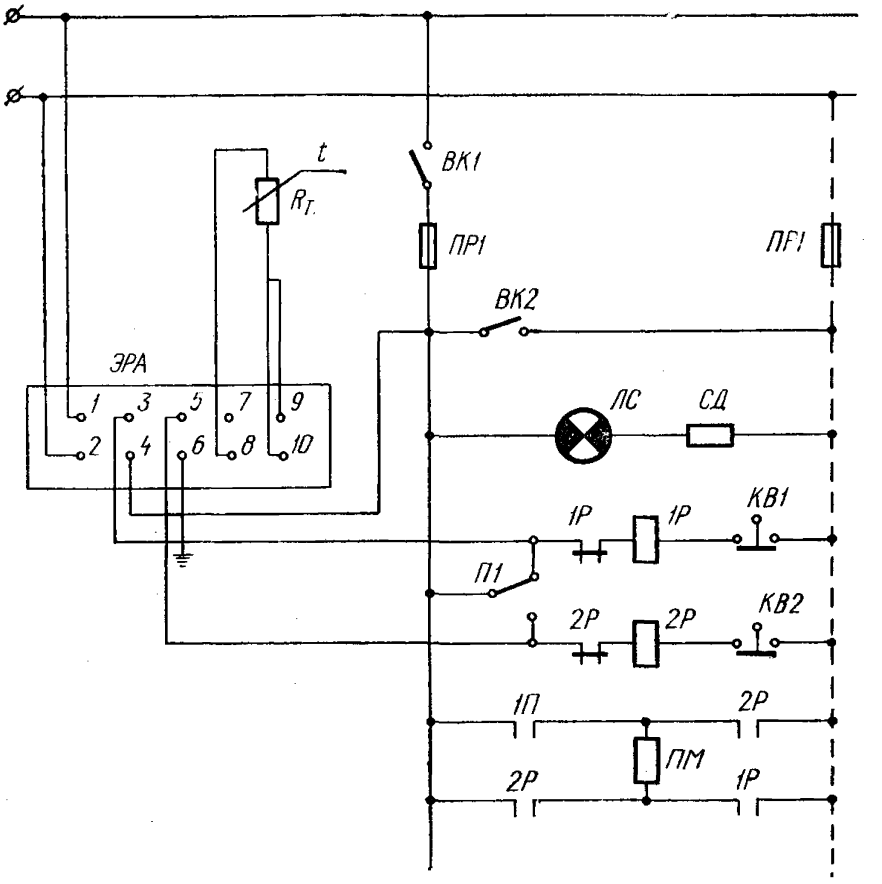



**Рис. 76. Принципиальная схема автоматического регулирования электротермообработки бетона с регулятором ЭРА**

Таблица 39

**Приборы для контроля и автоматического регулирования электротермообработки бетона**

| Наименование | Марка | Шкала, градуировка | Область применения | Завод-изготовитель |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Термометры сопротивления медные, монтажная глубина 2000 мм, материал арматуры— сталь 1Х18Н10Т | ТСМ-6098 (ТСМ-Х) | Град. 23 | Дистанционный контроль температуры<br>Автоматическое регулирование температуры | Приборостроительный завод, Луцк |
| Термометры сопротивления медные, монтажная глубина 320 мм, материал арматуры — латунь Л62Т | ТСМ-6097 (ТСМ-Х1) | Град. 23 | То же | То же |
| Термометры сопротивления платиновые, малоинерционные, монтажная глубина 100 мм | ТСП-753 | Град. 21 | Датчики в системе автоматического регулирования температуры | З-д электроизмерительных приборов, Львов |
| Лагомстр щитовой профильный, показывающий (ТУ 25-07-305-68) | Л-64 | Град. 23<br>0—100°С,<br>0—150° С | Дистанционный контроль температуры | Приборостроительный завод, Ереван |
| Мосты автоматические электронные, показывающие, малогабаритные с 3-позиционным регулирующим устройством | ЭВМ-2-211А | Град. 23,<br>0—150° С,<br>град. 21 | В системах контроля и регулирования температуры | Закарпатский обл. з-д «Мукачевприбор», Мукачево |
| Мосты автоматические электронные с записью на дисковой диаграмме с 3-позиционным регулирующим устройством | ЭМД, модель 4805 | 0—180° С,<br>град. 23,<br>0—150° С,<br>град. 21 | То же | З-д «Манометр», Москва |
| Мосты уравновешенные автоматические, электронные с записью на ленточной диаграмме, многоточечные с 3-позиционным регулирующим устройством на каждой точке с независимым дистанционным заданием | ЭМР-209, РДМЗ, модель Р-209РД-6 | 0—150° С,<br>град. 21 | » | Опытный з-д средств контроля автоматики, Ленинград |
| Электрический автоматический регулятор температуры ЭРА (в комплекте с датчиком температуры ДТ-1). | ЭРА | 0—100° С,<br>0—150° С | » | З-д «Электроприбор», Киев |
| Программный регулятор температуры электронный | ПРТЭ-2М | 0—100° С | » | То же |

7.108. Оборудование для дистанционного контроля и автоматического регулирования температуры бетона при электротермообработке приведено в табл. 39. Пример схемы автоматического регулирования приведен на рис. 76.

7.109. При импульсном способе подачи напряжения рекомендуется применять передвижную установку импульсного электропрогрева бетона в полуавтоматическом режиме конструкции ЦНИИОМТП.

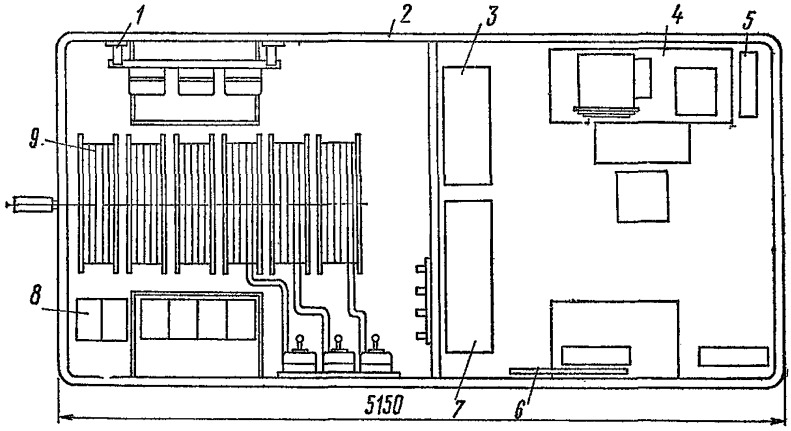



**Рис. 77. Установка импульсного электропрогрева ЦНИИОМТП**

*1* — панель силовой аппаратуры; *2* — кузов; *3* — шкаф с аппаратурой управления; *4* — стол с измерительной аппаратурой; *5* — электрокамин; *6* — панель счетчиков; *7* — шкаф с контрольно-измерительными приборами; *8* — распределительное устройство; *9* — барабан

Эта установка состоит из типового фургона, установленного на двухосном прицепе 2ПН-6 Минского автозавода (рис. 77). В двух отсеках кузова смонтированы все силовое оборудование, аппаратура управления и контроля, а также токоразводящие провода и шесть концов кабеля по 30 м.

Установка имеет шесть самостоятельных линий управления, рассчитанных на электропрогрев бетона в общем объеме 60—90 м³. Мощность установки 600 кВА.

Установка может работать в индивидуальном и групповом режимах (см. п. 7.81).

Установку обслуживают два электрика IV—V разряда, которые производят раскладку и подключение силового кабеля и проводов к электродам и осуществляют с пульта управления прогрев бетона строго по заданному температурному режиму путем изменения продолжительности паузы на основании показаний потенциометра ЭПП-09.

Применение установки импульсного электропрогрева позволяет: получать высокое качество прогреваемого бетона за счет точного выдерживания заданного температурного режима; отказаться от применения понижающих многоступенчатых трансформаторов; сократить трудозатраты за счет упрощения процесса раскладки силового кабеля и подключения электродов; отказаться от штата персонала,

производящего контроль температур в прогреваемом бетоне; улучшить контроль за прогревом и своевременно устранять появившиеся повреждения на токоведущих линиях; сократить расход электроэнергии.

Установка комплектуется стандартным, недефицитным оборудованием и аппаратурой и может быть изготовлена силами строительного треста.

## Обогрев бетона паром, горячим воздухом или в тепляках

**7.110.** Обогрев бетона паром допускается применять при наличии на строительной площадке достаточного количества дешевого пара при температуре воздуха не ниже —15° С для немассивных конструкций. Бетон следует укрывать двумя слоями брезента и подавать пар под брезент. Между поверхностью опалубки, неопалубленной поверхностью бетона и брезентом необходимо обеспечить свободное пространство шириной 15—20 см с помощью прокладок.

При обогреве паром под брезентом температура бетона, как правило, не поднимается выше 40° С.

**7.111.** Для получения горячего воздуха необходимо использовать электрокалориферы или огневые калориферы, работающие на жидком топливе. Схема движения горячего воздуха должна предусматривать рециркуляцию для снижения расхода топлива и повышения влажности воздуха. Целесообразно дополнительное увлажнение воздуха за счет испарения воды из противней, устанавливаемых в тепляках.

Неопалубленные поверхности конструкций должны быть тщательно укрыты пароизоляционным материалом. Температура воздуха в верхней части тепляка может быть на 10—30° выше, чем в нижней. Максимальную температуру воздуха и обогреваемого бетона следует определять в верхней части тепляка, продолжительность обогрева — по температуре бетона в нижней части тепляка.

**7.112.** Применение тепляков для зимнего бетонирования допустимо лишь в исключительных случаях при технико-экономическом обосновании. Наиболее эффективны тепляки в виде легких надувных конструкций, которые могут быть смонтированы и демонтированы в короткие сроки с минимальными затратами труда.

**7.113.** Режимы обогрева бетона паром, горячим воздухом и в тепляках могут быть приняты по пп. 7.56—7.60. Продолжительность обогрева определяется по графикам рис. 54.

Необходимо учитывать возможный недобор прочности (до 20% $R_{28}$) бетонами, обогретыми горячим воздухом.

### Особенности контроля качества бетона в зимних условиях

**7.114.** В процессе приготовления бетонной смеси необходимо контролировать не реже чем через каждые 2 ч:

отсутствие льда, снега и смерзшихся комьев в неотогреваемых заполнителях, подаваемых в смесительный агрегат, при приготовлении бетонов с противоморозными добавками;

температуру воды и заполнителей перед загрузкой в смесительный агрегат;

концентрацию растворов солей;

температуру смеси на выходе из смесительного агрегата и у места ее укладки.

7.115. При транспортировании бетонной смеси контролю подлежат:

отсутствие снега и льда в транспортных емкостях (кузовах автосамосвалов, бадьях и т. п.) — 2 раза в смену;

соответствие утеплителя транспортных средств требованиям проекта производства работ — 1 раз в смену;

обогрев транспортируемой смеси в кузовых автосамосвалов (если он предусмотрен) — на каждом автосамосвале 1 раз в смену;

температура бетонной смеси перед выгрузкой из транспортных средств — 2 раза в смену.

7.116. Перед укладкой бетонной смеси и в процессе бетонирования должна осуществляться проверка:

отсутствия снега, льда и наледи в опалубке и на арматуре;

правильности установки электродов, изоляции арматуры и закладных деталей (при электродном прогреве);

соответствия теплотехнических показателей опалубки требованиям проекта или технологических карт;

пароизоляции и теплоизоляции неопалубленной поверхности бетона.

7.117. При электроразогреве бетонной смеси контроль ее температуры рекомендуется производить дистанционно с помощью датчиков, закрепленных в бункере или на опускных электродах с использованием электронных мостов или лагометров. Подключение датчиков, находящихся в бункере, к приборам следует производить с использованием разъемных соединений (например, штепсельных).

Рекомендуется также не реже двух раз в смену проверять своевременность укладки разогретой смеси в конструкцию.

7.118. В период выдерживания бетона необходимо контролировать его температуру как в местах, подверженных наибольшему охлаждению (углы, выступающие части, слои, соприкасающиеся с неотогретым грунтом или неотогретыми стыкуемыми элементами), так и в наиболее нагретых частях (вблизи струнных, стержневых и полосовых электродов, возле арматурных стержней и стальной опалубки при индукционном прогреве, в слоях, соприкасающихся с греющей опалубкой, и т. п.).

Контроль осуществляется с помощью технических термометров или дистанционным способом с использованием специальных приборов (см. п. 7.108).

Технические термометры должны иметь шкалу в соответствии с диапазоном измеряемых температур и длину хвостовой части не менее 10 см. Для защиты температурных скважин от попадания сыпучего утеплителя их следует защищать воронками из рулонного материала (толя, рубероида). При необходимости отверстия для термометров следует предусмотреть в боковой опалубке или в накладных электодных щитах.

Термометр в каждой скважине должен находиться на протяжении всего периода выдерживания бетона. При недостаточном количестве термометров допускается переставлять их из одной скважины в другую. При этом показания термометра следует снимать не ранее чем через 3 мин после установки в скважину.

Измерять температуру следует в наиболее и наименее нагретых частях конструкции. Количество точек, в которых измеряется температура бетона, должно составлять: не меньше одной точки на каждые 3 $м^3$ бетона, 6 м длины конструкции, 4 $м^2$ площади перекрытий и 10 $м^2$ площади покрытий типа подготовок, полов, днищ и т. п.

Контроль температуры бетона необходимо производить в следующие сроки:

при выдерживании по способу термоса и применении бетонов с противоморозными добавками — два раза в сутки;

при выдерживании бетона из разогретой смеси — один раз в смену при температуре бетона выше 40° С и один раз в сутки при температуре ниже 40° С;

при электродном и индукционном прогревах в процессе подъема температуры — через 30 мин, изотермического прогева констукций с $M_п \geqslant 12$ — через 1 ч; с $M_п < 12$ — через 2 ч. при остывании конструкций с $M_п \geqslant 12$ — через 4 ч; с $M_п < 12$ — один раз в смену;

при прогреве внешними электронагревателями, горячим воздухом или паром — через 1 ч.

При отклонениях фактической температуы бетона от заданной более чем на ±5° необходимо немедленно принимать меры для обеспечения требуемой температуры (дополнительное укрытие, изменение напряжения или отключение напряжения и т. п.). Контроль температуры воздуха производится 3 раза в сутки.

Необходимо контролировать температуру бетона и воздуха также перед удалением опалубки и укрытия с неопалубленных поверхностей конструкций.

Температуру бетона и воздуха следует записывать на температурных листах, которые прикладываются к журналу бетонных работ.

**7.119.** В процессе электротермообработки бетона следует сразу же после начала прогрева и в дальнейшем 1 раз в смену контролировать силу тока и напряжение на низкой стороне трансформаторов или в проводах, подводящих напряжение к распределительным щитам, и результаты записывать в специальном журнале.

**7.120.** В процессе электродного и индукционного прогрева, главным образом в начале подъема температуры, следует наблюдать за поверхностью конструкций и в случае интенсивного выделения пара из бетона отключить напряжение и ликвидировать причину перегрева (близкое расположение разноименных электродов в результате случайного смещения, близость электрода к арматуре и т. п.).

**7.121.** Контроль и оценка прочности бетона производится в соответствии с требованиями ГОСТ 18105—72 и рекомендациями гл. 6 данного руководства с учетом того, что кроме образцов нормально-влажного хранения, дополнительное количество образцов должно испытываться в следующие сроки:

при термосном выдерживании — три образца после того, как температура бетона в конструкции упадет до расчетной конечной температуры выдерживания и три — после дополнительного 28-суточного выдерживания в нормальных условиях;

при бетонировании с электроразогревом смеси — три образца после остывания бетона до расчетной конечной температуры выдерживания, три — после оттаивания бетона и остальные три — после 28-суточного выдерживания в нормальных условиях;

при бетонировании с противоморозными добавками три образца испытываются после установленного расчетом срока твердения до заданной относительной прочности бетона, три образца — перед загрузкой конструкции. Образцы, хранящиеся на морозе, перед испытаниями должны выдерживаться 2—4 ч для оттаивания при температуре 15—20° С;

при прогреве паром или горячим воздухом — три образца после

окончания прогрева и три — после дополнительного 28-суточного выдерживания в нормальных условиях;

7.122. При электродном и индукционном прогреве выдерживание образцов-кубов в условиях, аналогичных прогреваемым конструкциям, как правило, неосуществимо. В связи с этим контроль прочности бетона в этих случаях осуществляется путем контроля за соответствием фактического температурного режима заданному.

# 8. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕСЕЙ ИЗ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

## Общие положения

8.1. Рекомендации настоящей главы распространяются на конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные и теплоизоляционные бетоны различной структуры: обычные (плотные), поризованные, малопесчаные, крупнопористые (беспесчаные), изготовляемые на пористых заполнителях и при сняемые для возведения монолитных конструкций различного назначения.

Конструкционные обычные легкие бетоны применяются для изготовления несущих армированных и неармированных конструкций.

Конструкционно-теплоизоляционные обычные, поризованные, малопесчаные и крупнопористые бетоны применяются для изготовления ограждающих армированных и неармированных конструкций.

Теплоизоляционные обычные, поризованные, малопесчаные и крупнопористые бетоны применяются для утепления несущих и ограждающих конструкций. Основные требования к бетонам различного назначения приведены в табл. 1 приложения XI.

8.2. Бетонные работы с использованием смесей из пористых заполнителей должны производиться с соблюдением рекомендаций гл. 1—7 настоящего Руководства и настоящих рекомендаций, охватывающих специфику производства бетонных работ при использовании пористых заполнителей.

8.3. При производстве бетонных работ с использованием смесей из пористых заполнителей следует учитывать специфичные свойства этой смеси по сравнению со свойствами смесей для тяжелых бетонов:

уменьшение объемной массы бетонной смеси;

отсос пористыми заполнителями воды затворения из растворной части, быстрое загустевание смеси и изменение вследствие этого ее подвижности;

большое содержание в ней воздушных пор и воды;

различную объемную массу пористых заполнителей, растворной части и цементного теста и склонность смеси по этой причине к расслоению при ее приготовлении, транспортировании и укладке;

меньшую теплопроводность бетонной смеси и свежеуложенного бетона;

абразивность ряда пористых заполнителей и повышение в связи с этим коэффициента трения бетонной смеси;

большую межзерновую пористость легких заполнителей;

меньшее влияние внешней среды на процессы твердения;

изменение зернового состава пористых заполнителей в процессе приготовления бетонной смеси;

меньшее боковое давление бетонной смеси на опалубку.

## Материалы для легких бетонов

8.4. Для приготовления бетонных смесей, содержащих пористые заполнители, рекомендуется применять цементы марок не менее:

300 — для бетонов марок по прочности при сжатии до 100;

400 — для бетонов марок 150—250;

500 — для бетонов марок 300—400;

600 — для бетонов марок 500.

8.5. Для приготовления бетонных смесей применяют заполнители пористые неорганические для легких бетонов по ГОСТ 9757—73, учитывая рекомендации пп. 8.6—8.12.

8.6. По области применения пористые заполнители разделяются на используемые для теплоизоляционного, конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного бетонов. Требования к этим заполнителям в зависимости от области применения приведены в ГОСТ 9757—73.

8.7. Коэффициент формы зерен крупных пористых заполнителей для теплоизоляционных бетонов не нормируется. Для конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов он не должен превышать: 1,5 — для гравиеподобных заполнителей и 2 — для щебнеподобных.

8.8. Потери массы пробы крупных искусственных пористых заполнителей и заполнителей, полученных из отходов промышленности, должны быть не более: 5% — при кипячении; 8% — при определении стойкости против силикатного и 5% — против железистого распадов.

8.9. Модуль крупности смеси фракций песков должен находиться в следующих пределах: для конструкционно-теплоизоляционных бетонов — от 1,8 до 3, а для конструкционных бетонов — от 2 до 2,5. Для теплоизоляционных бетонов $M_к$ не нормируется. Зерновой состав каждой фракции пористого песка должен находиться в пределах, указанных в ГОСТ 9757—73.

8.10. Марка пористого песка по объемной насыпной массе рекомендуется:

для теплоизоляционного бетона — не более 300

для конструкционно-теплоизоляционного бетона — не более 1000;

для конструкционного легкого бетона марок по прочности при сжатии:

до 250 — не менее 600

300—500 — не менее 800

8.11. Вспученный перлитовый песок, применяемый для конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных легких бетонов, должен удовлетворять требованиям ГОСТ и следующим дополнительным требованиям: марка по объемной насыпной массе — не менее 200; содержание зерен менее 0,14 мм не более 10% по объему.

8.12. Содержание остатков топлива в золе или золошлаковой смеси ТЭЦ, определяемое по потере массы при прокаливании пробы при температуре 700—800° С, не должно превышать: в золе-уносе от сжигания бурых углей — 5%; в золе от сжигания каменных углей — антрацита — 10%.

## Подбор составов легких бетонов

8.13. Задачей подбора состава бетона является назначение оптимальных расходов исходных материалов для приготовления бетонной смеси с заданными характеристиками, которая обеспечивает по-

лучение бетона с требуемыми свойствами (по объемной массе, прочности при сжатии, плотности и т. п.) при возможно наименьшем расходе цемента.

**8.14.** Наряду с методом подбора состава бетонной смеси могут применяться любые другие обоснованные и проверенные методы. При этом во всех случаях окончательный состав бетона должен назначаться только после изготовления опытных замесов бетонной смеси в лабораторных и производственных условиях, а также формования и последующего испытания контрольных бетонных образцов из этих смесей.

**8.15.** В задании на подбор состава бетона приводятся:

объемная масса бетона в высушенном состоянии, указанная в проекте;

проектная марка бетона по прочности при сжатии и при необходимости — прочность его при сжатии в разные сроки, предусмотренные проектом, а также другие дополнительные характеристики бетона (морозостойкость и т. п.);

свойства (жесткость или подвижность и т. п.) бетонной смеси;

характеристики исходных материалов для приготовления бетона;

технологические параметры приготовления, укладки бетонной смеси, а также условия и режим твердения уложенного бетона.

**8.16.** Подбор состава бетонной смеси производится расчетно-экспериментальным способом и включает следующие основные этапы:

предварительную оценку и выбор пригодности имеющихся материалов;

расчет исходных составов бетона для приготовления опытных замесов;

приготовление опытных замесов и изготовление из них контрольных бетонных образцов с последующим их испытанием;

назначение рабочего состава бетонной смеси и его корректировку в производственных условиях.

**8.17.** Предварительную оценку и выбор пригодности имеющихся материалов для приготовления требуемой смеси производят по данным паспортов на каждый вид составляющих бетона и по результатам дополнительных испытаний, если они необходимы.

**8.18.** Расчет исходных составов бетона для приготовления опытных замесов производится с учетом того, что сумма расходов материалов $\Sigma P$ (кг/м$^3$) не должна превышать требуемой объемной массы $\gamma_{б.сух}$ бетона в высушенном состоянии

$$\gamma_{б.сух} \geqslant \Sigma P = 1{,}15\,Ц + П + Щ, \qquad (51)$$

где $Ц$, $П$, $Щ$ — расход соответственно вяжущего (цемента), песка и пористого щебня (или гравия), кг/м$^3$.

При этом сумма абсолютных объемов $\Sigma V^{абс}_{б.улож}$ составляющих не должна быть более 1000 л

$$\Sigma V^{абс}_{б.улож} = \frac{Ц}{\gamma_ц} + \frac{П}{\gamma_п} + \frac{Щ}{\gamma_щ} + B \leqslant 1000, \qquad (51\,а)$$

где $Ц$, $П$, $Щ$, $B$ — фактические массы соответственно цемента, сухого песка, пористого щебня (или гравия) и воды в уплотненной бетонной смеси, вычисленные по ГОСТ 11051—70;

$\gamma_ц$ — удельная масса цемента, определяемая по ГОСТ 310—60 или принимаемая равной 3,1 кг/л;

$\gamma_п$ и $\gamma_щ$ — объемные массы песка и пористого щебня (или гравия) в куске, определяемые для пористых заполнителей по ГОСТ 9758—69 в цементном тесте, а для плотного песка — по ГОСТ 8735—65 путем определения удельной массы, кг/л.

Примечание. Для обычных легких бетонов значение $\Sigma V^{абс}_{б.уло\,к}$ должно быть не менее 970 л на 1 м³ свежеуложенного бетона, и задача подбора заключается в том, чтобы в первую очередь выяснить возможность изготовления на данных материалах обычного легкого бетона с требуемой объемной массой и прочностью, межзерновая пористость у которого полностью заполнена раствором.

8.19. Выбор расходов материалов для приготовления исходного опытного замеса производится в следующем порядке с помощью табл. 2—7, приведенных в приложении XI.

По табл. 2 определяют расход цемента *Ц* в кг на 1 м³ исходного легкого обычного бетона, а поправки к указанному расходу при использовании других цементов — по СН 386-74.

По табл. 4 определяют суммарный объем смеси мелких и крупных заполнителей $V_з$ в л на 1 м³ легкого бетона и долю песка $r$ в объеме смеси заполнителей, после чего соответствующим умножением объема этих заполнителей на их объемную насыпную массу вычисляют расход песка *П* и крупного пористого заполнителя *Щ* (кг/м³) (см. примечание 2 к табл. 4).

При заданной объемной массе бетона в высушенном состоянии (кг/м³) расход песка *П* (кг/м³) с принятым по табл. 4 значением $r$ определяется по формуле

$$П = \frac{(\gamma_б - 1{,}15\,Ц)\,r\gamma_п}{r\gamma_п + (1 - r)\,\gamma_щ}, \qquad (52)$$

где $\gamma_п$ и $\gamma_щ$ — объемные насыпные массы песка и щебня (гравия).

Расход же щебня (гравия) *Щ* определяется по формуле

$$Щ = \gamma_б - (1{,}15\,Ц + П). \qquad (53)$$

По табл. 5 определяют начальный расход воды *В* в кг на 1 м³ исходного обычного легкого бетона.

По формулам (51) и (51а) определяют сумму расходов материалов в кг на 1 м³ высушенного бетона $\Sigma P$ и сумму абсолютных их объемов в свежеуложенном бетоне для решения вопроса о возможности приготовления обычного легкого бетона.

Если сумма расходов материалов превышает заданную объемную массу бетона в высушенном состоянии или сумма абсолютных их объемов в свежеуложенном бетоне будет меньше 970 л, следует составы пересчитать, исходя из того, что на данных материалах можно получить бетон с заданной объемной массой при условии поризации смеси, а также частичного или полного исключения из состава смеси песка (т. е. путем приготовления поризованного, пористого или крупного пористого бетона для конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных элементов); при этом расход поризующих добавок принимают по табл. 6.

Для опытных замесов, помимо исходного опытного состава, рассчитываются по указанной выше методике еще два состава, в кото-

рых расход цемента отличается от принятого в исходном составе на ±10—20%.

При необходимости уточнения принятого в исходном составе расхода песка дополнительно высчитываются еще два состава, отличающиеся на 10—15% расходом крупного пористого заполнителя или песка.

При необходимости введения в бетонную смесь для обычного легкого бетона поверхностно-активных добавок их расход принимается по данным табл. 7.

8.20. Работа по приготовлению опытных бетонных замесов слагается из следующих этапов:

предварительного расчета расхода материалов на требуемый объем опытных замесов;

приготовления бетонных смесей, проверки их удобоукладываемости и корректировки, при необходимости, состава, главным образом воды, для получения заданной жесткости (подвижности) смеси.

После получения бетонной смеси с заданной жесткостью (подвижностью) из нее изготовляют в соответствии с указаниями ГОСТ 11050—64 по 3—6 образцов с одновременным определением объемной массы свежеуложенного бетона по ГОСТ 11051—70, по которому подсчитывают фактический расход материалов на 1 м³ уложенной бетонной смеси. Режим твердения (в том числе тепловой обработки) части бетонных образцов должен соответствовать режиму твердения конструкции, а другая часть образцов 28 сут. хранится в нормальных условиях для определения марки бетона. После твердения образцов в требуемые сроки определяют их объемную массу и прочность при сжатии в требуемые сроки в соответствии с ГОСТ 11050—64.

8.21. По полученным результатам испытания бетонных образцов строят график зависимости прочности бетона при сжатии и объемной его массы от фактических расходов цемента в опытных замесах. По графику устанавливается необходимый расход цемента, позволяющий получить требуемую прочность бетона при заданной его объемной массе. По этим данным назначают рабочий состав бетонной смеси, который передается на производство. Для бетонов, к которым предъявляются особые требования (например, по морозостойкости), приготавливается замес из бетона подобранного состава, из которого изготавливают образцы для определения требуемых свойств.

8.22. Корректировка рабочего состава легкого бетона в производственных условиях на 1 м³ и на 1 замес устанавливается исходя из подобранного состава с учетом влажности заполнителей и выхода бетонной смеси из данного смесителя.

При изменении качества применяемых заполнителей или цемента назначенный рабочий состав бетона может корректироваться на основе зависимостей, построенных в результате выполненного заранее подбора составов на различных партиях заполнителя или цемента.

## Приготовление и транспортирование бетонных смесей

8.23. Для бетонирования монолитных конструкций из обычных и поризованных бетонов применяют бетонные смеси, указанные в табл. 40.

Таблица 40

**Характеристика легкобетонных смесей**

| Вид бетонной смеси | Показатель удобоукладываемости по ГОСТ 11051—70 | | Структура легкобетонной смеси |
|---|---|---|---|
| | подвижность, см | жесткость, с | |
| Литая | Более 15 | — | Обычная (плотная и поризованная) |
| Подвижная | 15—3 | — | То же |
| Малоподвижная | 3—1 | До 30 | » |
| Умеренно жесткая | 0 | 30—60 | Плотная |
| Жесткая | 0 | 60—100 | » |

8.24. Для бетонирования монолитных конструкций из обычной бетонной смеси на пористых заполнителях рекомендуется применять смеси, указанные в табл. 41.

Таблица 41

**Рекомендуемые смеси для конструкций**

| Вид армирования | Наименьший размер конструкций, см | Вид конструкций | Рекомендуемый вид бетонной смеси |
|---|---|---|---|
| Неармированные или слабо армированные (до 0,5%) | Более 50 | Блоки массивов, фундаменты | Умеренно жесткая и жесткая |
| Неармированные или слабо армированные (до 0,5%) | От 10 до 50 | Полы, покрытия дорог и аэродромов, стены и т. д. | Подвижная и малоподвижная |
| То же | Менее 10 | Перегородки | Литая |
| Умеренно армированные (от 0,5 до 2%) | Более 50 | Плиты, балки, колонны | Малоподвижная |
| | От 0 до 50 | То же, и стены | Подвижная |
| | Менее 10 | Силосы, бункера, несущие перегородки, облицовки | Литая и подвижная |
| Сильно армированные (2% и более) | — | Арочные и балочные мосты, опорные части | Подвижная |

Для бетонирования конструкций из поризованного бетона применяют малоподвижные, подвижные и литые смеси. При подаче бетонной смеси насосами применяются литые или подвижные смеси.

При бетонировании конструкций в скользящей опалубке применяют малоподвижную бетонную смесь.

8.25. Бетонная смесь, приготовленная на пористых заполнителях, должна отвечать следующим требованиям:

обеспечивать затвердевшему бетону в указанные в проекте организации работ сроки требуемую структуру, прочность и другие заданные характеристики;

иметь показатель расслоения не более 10% и требуемую величину объемной массы (в уплотненном состоянии) с отклонением в пределах ±5%;

содержать в единице объема уплотненного бетона заданное весовое количество исходных материалов;

обычные и поризованные смеси должны иметь заданную подвижность с отклонением ±1 см или заданную жесткость с отклонением ±10 с;

для беспесчаных и малопесчаных смесей продолжительность отделимости цементного теста должна быть в пределах 20—30 с;

поризованные смеси должны иметь заданное воздухововлечение с отклонением не более ±1%.

Настоящие требования обеспечиваются:

правильным назначением расхода исходных материалов с учетом выполненного лабораторного подбора состава бетонной смеси;

проверкой выбранного оптимального состава бетонной смеси в производственных условиях;

систематическим контролем точности дозировки составляющих бетонной смеси при ее приготовлении;

корректировкой лабораторией состава бетонной смеси в зависимости от изменения свойств ее составляющих и условий производства бетонных работ;

систематическим испытанием контрольных бетонных образцов.

8.26. Свойства бетонной смеси на пористых заполнителях устанавливаются у места ее приготовления и укладки и определяются в следующие сроки:

расход цемента, заполнителей и воды — не менее одного раза в сутки;

расслоение бетонной смеси — не менее одного раза в смену;

объемная масса уплотненной смеси — не менее двух раз в смену;

подвижность или жесткость смеси, а также отделимость теста — не менее двух раз в смену;

воздухововлечение — не менее одного раза в сутки.

При бетонировании конструкций в подвижной вертикальной опалубке подвижность или жесткость смеси определяется не менее 4 раз в смену.

Примечание. Малопесчаные и беспесчаные смеси (для крупнопористого бетона) испытываются лишь на расслаиваемость и отделимость цементного теста, кроме того, определяется их объемная масса.

Для плотных и поризованных смесей определяются: жесткость или подвижность, объемная масса, нерасслаиваемость и по необходимости процент воздухововлечения и другие заданные свойства.

8.27. Для приготовления бетонной смеси дозирование пористых заполнителей рекомендуется производить по объему или объемно-ве-

Таблица 42

| Емкость смесителя, л | Минимальная продолжительность перемешивания смеси на пористых заполнителях (с) для бетона с объемной массой (в сухом состоянии), кг/м³ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | более 1700 | 1400—1700 | 1000—1400 | менее 1000 |
| До 500 | 100 | 120 | 150 | 180 |
| 500—1000 | 120 | 150 | 180 | 210 |
| Более 1000 | 150 | 180 | 210 | 240 |

совым способом с точностью до 3%; цемент, вода и добавки дозируются по массе с точностью, указанной для тяжелых бетонов.

При наличии автоматических дозаторов все сухие материалы для обычных малопесчаных и беспесчаных бетонных смесей подаются в смеситель одновременно, а воду желательно вводить в смесь постепенно.

При наличии полуавтоматических или ручных дозаторов сухие заполнители подаются вместе с $^2/_3$ потребного на замес количества воды. После перемешивания смеси в течение 1 мин в смеситель подается цемент и остальное количество воды; при приготовлении поризованной бетонной смеси сухие материалы и воду подают в смеситель, как указано выше, а водный раствор парообразователя вводят в смесь за 1 мин до окончания перемешивания. Порядок загрузки отдозированных составляющих бетонной смеси в барабан смесителя уточняется лабораторией.

**8.28.** Приготовление бетонной смеси на пористых заполнителях следует производить в смесителях принудительного действия, обеспечивающих качественное смешивание компонентов без существенного изменения зернового состава пористых заполнителей.

Примечание. Бетонные смеси (с жесткостью до 30 с) на пористых заполнителях с объемной насыпной массой более 700 кг/м³ можно также приготовлять в смесителях гравитационного действия (свободного падения).

**8.29.** Наименьшая продолжительность механического перемешивания составляющих малоподвижной или умеренной жесткой бетонной смеси, считая с момента загрузки всех материалов в барабан до начала выгрузки смеси из него, рекомендуется принимать по данным табл. 42 и уточнять в производственных условиях. При этом продолжительность перемешивания не должна быть менее 100 и более 300 с.

При необходимости приготовления подвижной смеси минимальная продолжительность ее перемешивания уменьшается на 30 с, а при приготовлении литой смеси — на 50 с, минимальная продолжительность перемешивания жесткой смеси увеличивается на 20—40 с.

**8.30.** Предельная продолжительность транспортирования бетонной смеси на пористых заполнителях после ее приготовления устанавливается строительной лабораторией и должна быть не более 45 мин. Перевозку бетонной смеси рекомендуется производить в бадьях и автобетоновозах, а при отсутствии их — в закрытых кузовах автомобилей-самосвалов. При продолжительности транспортирования бетонной смеси более 30 мин рекомендуется использовать автобетоносмесители.

## Укладка бетонных смесей

8.31. Укладку бетонной смеси рекомендуется заканчивать в период, не превышающий один час после ее приготовления.

8.32. Укладка бетонных смесей на пористых заполнителях производится способами, принятыми для смесей тяжелого бетона. При этом высота свободного сбрасывания бетонной смеси в опалубку при бетонировании не должна превышать 1,5 м и устанавливается по данным производственного опыта с тем, чтобы избежать расслоения смеси.

8.33. Толщина слоев бетонной смеси, приготовленной на пористых заполнителях, при укладке должна быть не более:

при внутреннем вибрировании — длины рабочей части вибратора;

при поверхностном вибрировании неармированных и слабоармированных конструкций — 200 мм;

умеренно армированных конструкций — 170 мм;

сильно армированных конструкций — 150 мм.

8.34. Для поверхностного уплотнения умеренно жестких и жестких смесей рекомендуется применять утяжеленные вибраторы, передающие удельную нагрузку на бетон в пределах 40—60 гс/см$^2$.

8.35. Бетонирование густоармированных тонкостенных и высоких элементов в тех случаях, когда внутренние вибраторы не могут быть применены, производится путем уплотнения бетонной смеси навесными (наружными) вибраторами. При этом схема расположения навесных вибраторов устанавливается опытом с учетом эффективного радиуса уплотнения этими вибраторами бетонной смеси на пористых заполнителях.

8.36. Укладка бетонной смеси в вертикальные конструкции при использовании неподвижной опалубки должна производиться участками высотой, как правило, не более 1,5 м.

8.37. Возведение массивных конструкций из бетона на пористых заполнителях с укладкой в него отдельных камней в виде «изюма» (крупностью более 150 мм) не допускается.

При необходимости на уложенную бетонную смесь при бетонировании ограждающих конструкций допускается по специальным указаниям укладывать термические теплоизоляционные вкладыши из блоков, плит и т. п. (например, в стенах), защищенных от увлажнения при соприкосновении с бетоном.

8.38. При бетонировании в скользящей опалубке конструкций из бетона на пористых заполнителях следует кроме общих правил учитывать следующие требования:

опалубка заполняется бетонной смесью на 5 см ниже верха ее щитов в максимально короткий срок не более чем через 15 мин;

укладываемый слой бетонной смеси по высоте не должен превышать 400 мм;

укладка следующего слоя бетонной смеси допускается до начала схватывания предыдущего слоя, но при условии завершения укладки его по всему контуру здания;

каждый слой уложенной бетонной смеси уплотняется высокочастотными внутренними вибраторами с диаметром наконечника не менее 35 мм;

скорость подъема скользящей опалубки при бетонировании первого метра не должна быть более 5 см/ч, а затем скорость может

быть увеличена до 15 см/ч, при этом прочность бетона при сжатии в нижнем слое не должна быть менее 5 кгс/см$^2$;

устройство монолитных и сборно-монолитных перекрытий должно осуществляться способами, применяемыми при возведении железобетонных конструкций из тяжелых бетонов в переставной опалубке.

8.39. При бетонировании в журнал бетонных работ вместе с данными о марке бетона, составе бетонной смеси и показателе ее подвижности записывается также значение объемной массы уложенной бетонной смеси в уплотненном состоянии.

## Уход за бетоном и контроль его качества

8.40. Поливка ограждающих конструкций, к которым предъявляются требования по влажности, должна быть заменена другим видом ухода, предохраняющим бетон от увлажнения, в том числе покрытием специальными пленкообразующими составами и защитными пленками.

8.41. В зимних условиях бетон на пористых заполнителях рекомендуется выдерживать преимущественно по способу «термоса» с предварительным разогревом бетонной смеси.

8.42. При тепловой обработке в зимних условиях теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов рекомендуется применять электропрогрев или контактный сухой прогрев.

8.43. Сроки распалубки бетонных и железобетонных конструкций должны назначаться с учетом достижения бетоном прочности при сжатии, указанной в проекте. При этом ее минимальное значение должно составлять:

для теплоизоляционных бетонов — 5 кгс/см$^2$;

для конструкционно-теплоизоляционных бетонов — 15 кгс/см$^2$;

для конструкционных бетонов с ненапрягаемой арматурой — 35 кгс/см$^2$, но не менее 50% проектной марки;

для конструктивных бетонов с напрягаемой арматурой — 120 кгс/см$^2$, но не менее 70% проектной марки.

8.44. Прочность при сжатии бетона монолитных конструкций и монолитной части сборно-монолитных конструкций к моменту возможного замерзания должна составлять не менее:

для теплоизоляционных бетонов — 5 кгс/см$^2$;

для конструкционно-теплоизоляционных бетонов — 25 кгс/см$^2$;

для конструкционных бетонов марок до 150—50 кгс/см$^2$;

то же, бетонов марок 150 и более — как для тяжелого бетона.

8.45. При приемке сооружения, изготовленного из бетона на пористых заполнителях, дополнительно с данными, указанными в разделе, должны предъявляться данные об объемной массе бетона, при необходимости в процессе приемки определяют в ограждающих конструкциях также влажность бетона.

В заданных случаях приемка должна устанавливать качество бетона на пористых заполнителях в отношении теплопроводности, воздухо- или паропроницаемости и других показателей, указанных в проектах и в нормативных документах на конструкции из бетона и железобетона на пористых заполнителях.

8.46. Прочность при сжатии и объемный вес бетона на пористых заполнителях определяется по ГОСТ 11050—64.

Максимально допускаемая температура прогрева бетона на пористых заполнителях может быть увеличена, но не должна быть более 90° С.

# 9. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

## Общие положения

**9.1.** Под сухим жарким климатом понимается присущая данной местности совокупность характерных метеорологических условий, отличающихся продолжительным знойным летом, высокими температурами воздуха (в 13 ч выше 25° С) при низкой относительной влажности воздуха (менее 50%).

Сухой жаркий климат характеризуется также большими перепадами температуры и относительной влажности воздуха в течение суток (днем и ночью), сильным нагревом в течение дня строительных конструкций в результате интенсивной солнечной радиации и наличием суховеев, особенно в равнинных районах.

Примечание. В основном к районам с сухим жарким климатом в СССР относятся климатические подрайоны IVA, IVB, IIIA и IIIB (СНиП II-А.6-72 «Строительная климатология и геофизика», рис. 78).

**9.2.** В рекомендациях приводятся указания по выбору материалов для бетонов, обязательные для строительства в указанных условиях независимо от времени года, и правила производства бетонных работ, вступающие в силу в период года с сухой жаркой погодой, характеризующейся условиями, указанными в п. 9.1.

Примечание. Настоящие рекомендации должны быть использованы и в других климатических районах страны в период года с сухой жаркой погодой, характеризующейся указанными выше температурно-влажностными условиями.

## Материалы

**9.3.** Материалы в зависимости от условий эксплуатации бетона должны удовлетворять требованиям гл. 2 настоящего Руководства с учетом следующих дополнительных указаний.

Для бетонов надземных конструкций, работающих в воздушно-сухих условиях и подвергающихся частому многократному нагреванию и охлаждению, рекомендуется применять портландцементы с содержанием трехкальциевого силиката $C_3S$ не менее 50% и трехкальциевого алюмината $C_3A$ не более 8%.

**9.4.** Наиболее эффективными цементами являются быстротвердеющие высокоактивные портландцементы.

**9.5.** Применение пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента марок ниже 400 и глиноземистого цемента для бетонирования надземных конструкций в жаркую сухую погоду не допускается.

**9.6.** Все цементы должны удовлетворять следующим дополнительным требованиям:

нормальная густота цементного теста, приготовленного из портландцемента согласно ГОСТ 310—60 «Цементы. Методы физических и механических испытаний», не должна превышать 27%;

начало схватывания цемента должно наступать не ранее 1 ч 30 мин от начала затворения;

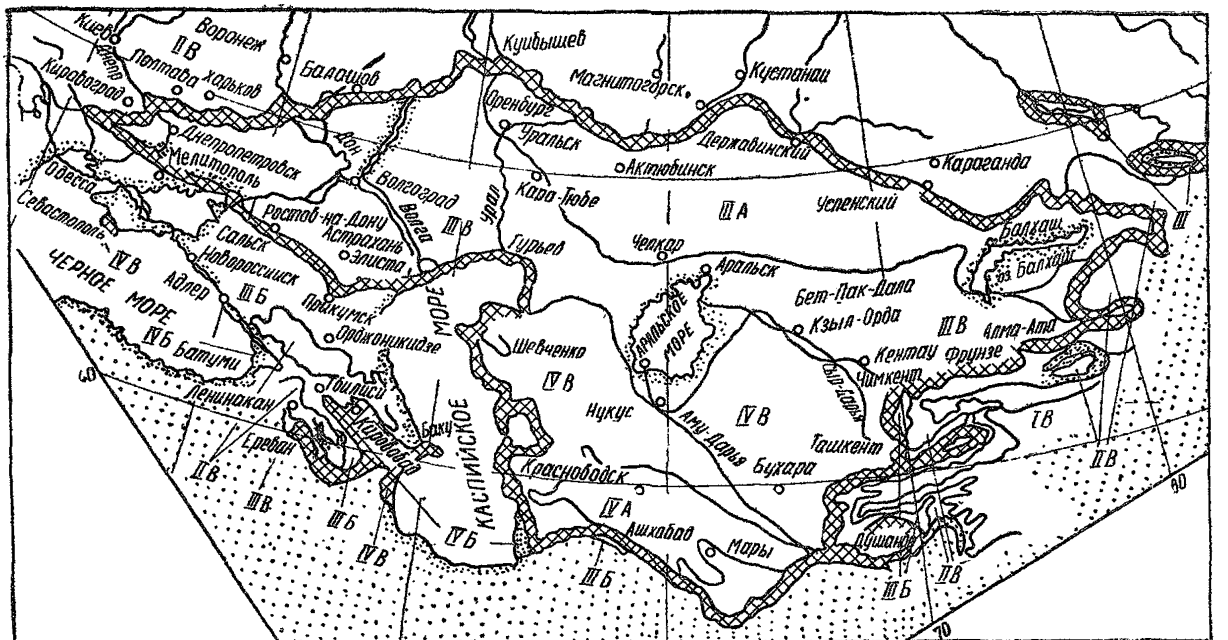



Рис. 78. Схематическая карта районов южной части СССР с сухим жарким климатом

цемент, испытанный согласно приложению XII, не должен обнаруживать ложного схватывания;

цемент не должен иметь температуру, превышающую 50° С.

**9.7.** При использовании для бетона, постоянно или периодически увлажняемого водой (конструкции гидротехнических сооружений, оросительные лотки ирригационных сооружений и т. п.), реакционно способных заполнителей (п. 9.9) следует применять цементы с содержанием щелочей не более 0,6% в пересчете на $Na_2O$.

**9.8.** Для бетона конструкций, подвергающихся циклическому нагреву, следует применять крупный заполнитель, имеющий близкий коэффициент температурного расширения к соответствующему коэффициенту цементно-песчаного раствора, входящего в состав бетона.

**9.9.** Для бетона конструкций, постоянно или периодически увлажняемого водой, следует избегать применения заполнителей (песок, гравий, щебень), содержащих более 50 ммол/л растворимого кремнезема (песчаники с опаловым, опало-халцедоновым и халцедоно-кварцевым цементом, алевролиты туфогенные, известняки и доломиты окремнелые, яшмы, кремний, обсидианы, перлиты, липариты, дациты, кварцевые витрофиры, андезито-дациты, андезиты, их аналоги и туфы этих пород), а также заполнители из горных пород, содержащих цеолиты, аргиллитовые и гидрослюдистые минералы, обладающие потенциальной возможностью вступать в химическое взаимодействие с щелочами цемента (п. 9.7).

Допустимость применения реакционноспособных заполнителей для смачиваемого водой бетона должна быть подтверждена соответствующим технико-экономическим обоснованием.

Методика определения реакционной способности заполнителей приведена в «Рекомендациях по определению реакционной способности заполнителей бетона со щелочами цемента» (М., 1972, ОНТИ НИИЖБ).

**9.10.** При назначении и выборе добавок для бетонов при бетонировании в жаркую сухую погоду следует учитывать следующие три возможных случая:

бетонная смесь транспортируется на значительное расстояние и промежуток времени между ее приготовлением и окончанием укладки превышает 30 мин, но при этом бетон будет твердеть в благоприятных условиях.

В этом случае при отсутствии пластифицированных цементов заводского производства для сохранения в течение требуемого времени заданной подвижности смеси необходимо применять поверхностно-активные добавки или замедлители схватывания цемента из числа предусмотренных в гл. 2 настоящего Руководства;

промежуток времени между приготовлением смеси и окончанием ее укладки не превышает 30 мин, но бетон будет твердеть в неблагоприятных условиях (надземная конструкция при низкой относительной влажности среды, сильной солнечной радиации и наличии ветра).

В этом случае для сокращения продолжительности ухода за бетоном и облегчения мероприятий по уходу следует применять добавки-ускорители твердения из числа предусмотренных в гл. 2 настоящего Руководства.

При применении в качестве ускорителей хлористых солей для защиты арматуры от коррозии рекомендуется вводить ингибитор — нитрит натрия (на 1% $CaCl_2$ следует добавлять не менее 1% $NaNO_2$);

промежуток времени между приготовлением смеси и окончанием

ее укладки превышает 30 мин и условия твердения бетона неблагоприятны.

В этом случае для замедления процесса структурообразования при перевозке и укладке смеси и одновременно ускорения и улучшения условий твердения бетона следует применять комплексные добавки, состоящие из поверхностно-активного вещества и электролита (например, 0,1% СДБ+1% $CaCl_2$; 0,1% СДБ+1,5% $Ca(NO_3)_2$; 0,15% ГКЖ-10+2% $CaCl_2$; 0,15% ГКЖ-10+1,5% $Ca(NO_3)_2$ массы цемента и другие композиции).

**9.11.** Для каждого вида цемента и состава бетонной смеси лабораторией строительства должны быть подобраны оптимальные дозировки добавок.

При подборе оптимального содержания добавок для бетона необходимо установить их эффективность для конкретных условий данного производства по следующим показателям:

проценту снижения расхода воды и цемента в бетоне при сохранении заданной консистенции смеси в момент укладки и обеспечении прочности бетона, соответствующей проектной марке;

степени увеличения продолжительности сохранения заданной консистенции бетонной смеси;

величине уменьшения скорости испарения из бетона воды затворения при хранении образцов на открытом воздухе;

сокращению продолжительности ухода за твердеющим бетоном.

**9.12.** Оптимальная дозировка добавки выбирается как с учетом всех перечисленных показателей эффективности добавки, так и некоторых из них (например, на объекте главной задачей является увеличение времени, в течение которого смесь может транспортироваться, а ускорение твердения не представляет интереса. В таком случае используют только пластифицирующие добавки и следят только за тем, чтобы другие качества бетона не были ухудшены).

## Приготовление бетонной смеси

**9.13.** Приготовление бетонной смеси следует производить согласно рекомендациям, изложенным в гл. 3 настоящего Руководства, с учетом нижеследующих дополнительных указаний.

**9.14.** Температура бетонной смеси при длительности ее транспортирования и укладки более 30 мин, а также при бетонировании массивных конструкций в момент отправки ее с бетоносмесительного узла должна быть возможно низкой (не превышать 20—25° С).

**9.15.** Для затворения бетонной смеси в случаях, предусмотренных в п. 9.14, следует применять воду с возможно более низкой температурой. Рекомендуется для этой цели использовать воду из прохладных источников, сохраняя ее в холодном состоянии путем изоляции труб и защиты резервуаров.

Трубопроводы и резервуары для воды должны находиться на глубине не менее 0,4 м от поверхности грунта или же теплоизолироваться. Для наземных временных установок допускается затенение резервуаров с окраской их в светлые тона. Автоцистерны, используемые для перевозки воды, должны иметь теплоизоляцию и окрашиваться светлоотражающими красками (например, белой, алюминиевой и др.).

Снижение температуры воды при соответствующем технико-экономическом обосновании можно производить охлаждением ее в спе-

циальных установках или добавлением в воду затворения измельченного льда.

**9.16.** Хранение заполнителей в случаях, предусмотренных в п. 9.14, во избежание их нагрева должно производиться в складах или штабелях, защищенных от попадания прямых солнечных лучей, в бункерах, имеющих наружную теплоизоляционную защиту и окрашенных в светлые тона или расположенных в закрытых помещениях.

**9.17.** Бетоносмесители должны, как правило, устанавливаться в закрытых помещениях.

При установке бетоносмесителей на открытом воздухе они должны окрашиваться в светлые тона и защищаться навесами и щитами от прямого воздействия солнечных лучей.

**9.18.** Бетоносмесительные узлы должны располагать необходимыми помещениями и устройствами для приготовления и дозирования пластифицирующих добавок и добавок-ускорителей.

Примечание. Устройство отделения для приготовления и дозирования растворов добавок для бетона рекомендуется производить по проекту № 409—28—24 Гипростроммаша Минстройдормаша СССР.

**9.19.** Загрузка бетоносмесителя из дозирующих устройств должна производиться в следующем порядке: в барабан постепенно заливается вода; после поступления 10—20% воды, необходимой для одного замеса, не прерывая заливки воды, одновременно загружается крупный заполнитель и цемент. После 10—15-секундного перемешивания воды, цемента и крупного заполнителя в барабан загружается песок и перемешивание продолжается до готовности бетонной смеси.

**9.20.** Перед каждым перерывом в работе продолжительностью более 30 мин барабан бетономешалки должен освобождаться от остатков бетона и промываться водой с крупным заполнителем.

**9.21.** При назначении мероприятий по охлаждению компонентов бетонной смеси требуемую их температуру по заданной температуре свежеприготовленной смеси $t_{см}$ рекомендуется вычислять по формуле (18).

## Транспортирование и укладка бетонной смеси

**9.22.** Транспортирование бетонной смеси следует производить в соответствии с правилами, изложенными в гл. 4 настоящего Руководства.

**9.23.** Перед укладкой бетонной смеси, помимо мероприятий, предусмотренных в гл. 5 настоящего Руководства, необходимо:

защитить место укладки от попадания солнечных лучей путем устройства навеса и установки передвижных щитов;

опалубку, арматуру и основание охладить поливкой холодной водой.

**9.24.** Температура бетонной смеси в момент укладки в массивные конструкции должна быть возможно более низкой и не превышать, как правило, 25—30° С.

**9.25.** Доставленная бетонная смесь должна немедленно укладываться в опалубку. Наибольшее время укладки каждой порции смеси не должно превышать 30 мин.

**9.26.** Категорически запрещается восстанавливать подвижность товарной бетонной смеси до заданной консистенции добавкой воды на строительной площадке.

## Уход за бетоном

**9.27.** Уход за свежеуложенным бетоном в условиях сухого и жаркого климата является ответственным технологическим мероприятием, обеспечивающим благоприятные температурно-влажностные условия твердения бетона и нарастания его прочности, а также предотвращающим значительные температурно-усадочные деформации и образование трещин.

Правильный уход в значительной степени определяет качество и долговечность бетона.

**9.28.** Состав мероприятий по уходу за бетоном, порядок и сроки их проведения и контроля за их выполнением должны устанавливаться лабораторией исходя из необходимости обеспечения непрерывного влажностного режима.

**9.29.** Основным видом ухода за бетоном является влажностный: покрытие открытых поверхностей конструкций влагоемкими материалами (мешковиной, слоем песка, опилок и т. д.), находящимися заданное время во влажном состоянии, выдерживание верхних горизонтальных поверхностей конструкций под слоем воды (метод «покрывающих водных бассейнов») и т. д.

Весь уход за бетоном делится на два периода: начальный (предварительный) период, или начальный уход и последующий (основной) период, или последующий уход.

**9.30.** Начальный уход заключается в предохранении свежеуложенного бетона от прямой солнечной радиации и вредного воздействия ветра укрытием его влагонепроницаемыми (полиэтиленовая пленка, брезент и т. п.) или влагоемкими материалами (мешковина, соломенные маты и т. п.), поддерживаемыми во влажном состоянии. В течение начального периода ухода непосредственный контакт твердеющего бетона с водной средой не допускается. Продолжительность начального ухода определяется временем, в течение которого бетон приобретает начальную прочность не менее 4—5 кгс/см$^2$ и зависит от вида и активности цемента, состава бетона, температуры окружающей среды и других факторов.

**9.31.** Последующий уход, наступающий после завершения начального ухода, заключается в обеспечении благоприятных условий твердения различными способами, из которых наиболее эффективными являются:

устройство и систематическое обильное увлажнение влагоемкого покрытия (мешковины, слоя песка, опилок и т. п.) конструкций;

создание «покрывающих водных бассейнов» над открытыми горизонтальными поверхностями конструкций.

Последующий уход осуществляется, как правило, до достижения бетоном 70% проектной прочности, а длительность этого ухода назначается лабораторией с учетом местных материалов и условий.

Примечание. При соответствующем обосновании лабораторией строительства величина прочности бетона, при которой прекращается уход за ним, может быть снижена, но не менее 50% проектной.

**9.32.** В зависимости от климатических условий поливка покры-

тий из влагоемких материалов (мешковины, слоя песка и т. п.), а также деревянной опалубки производится с такой частотой, чтобы поверхность бетона все время была во влажном состоянии.

**9.33.** Не допускается периодическая поливка водой открытых поверхностей твердеющих бетонных и железобетонных конструкций.

**9.34.** Для осуществления последующего ухода за бетоном строительную площадку можно также оборудовать различными увлажняющими устройствами, обеспечивающими постоянное разбрызгивание и распыление водяной струи по поверхности конструкций.

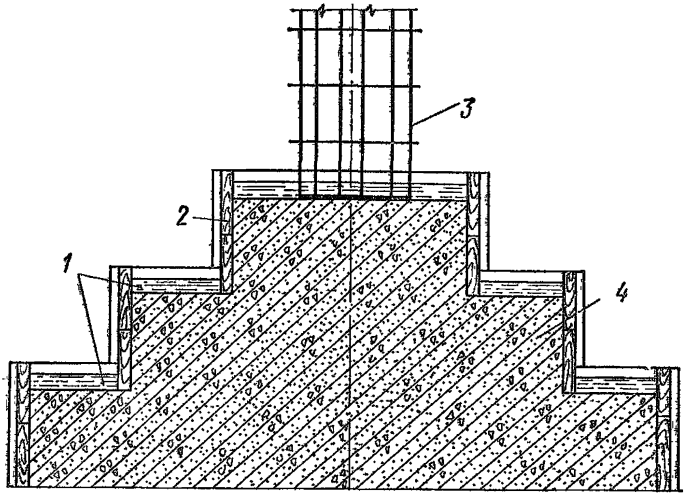



**Рис. 79. Опалубка для бетонирования фундаментов под колонны**

*1* — покрывающий водный бассейн; *2* — щиты опалубки; *3* — выпуск арматурного каркаса; *4* — железобетонный фундамент

**9.35.** Взамен покрытия бетона влагоемкими материалами рекомендуется последующий уход осуществлять путем выдерживания верхних горизонтальных поверхностей конструкций под слоем воды (метод «покрывающих водных бассейнов»).

С этой целью используют опалубку с верхними непроницаемыми для воды бортиками высотой 6—7 см над уровнем уложенного бетона. После окончания начального периода ухода верхнюю горизонтальную поверхность конструкции заливают слоем воды высотой около 5 см. При применении метода «покрывающих водных бассейнов» бортики, образующие их боковые поверхности, крепятся к бортам опалубки постоянно или временно с обязательным устройством влагонепроницаемого (например, глиняного) замка.

Покрывающие бассейны над поверхностями конструкций могут создаваться продольными и поперечными бортами опалубки, которые изготовляются на 6—7 см выше по сравнению с поверхностью укладываемого бетона (рис. 79).

С целью уменьшения испарения воды с поверхности покрываю-

щего бассейна рекомендуется применение добавок, образующих на ее поверхности тонкий защитный слой (например, отработанные масла и др.).

При применении метода «покрывающих бассейнов» уход за бетоном в значительной степени упрощается, становится легко осуществимым даже в местностях с дефицитом воды, а главное гарантированным и не требующим специальных рабочих, в обязанности которых входит постоянное поддержание поверхности бетона во влажном состоянии. Кроме того, значительно сокращается расход воды при уходе за твердеющим бетоном.

**9.36.** Прекращение последующего ухода (удаление покрывающего влагоемкого материала или бассейна, прекращение увлажнения бетона и т. д.) необходимо осуществлять в вечернее время.

**9.37.** Взамен указанных выше способов влажностного ухода за бетоном конструкций, поверхности которых не предназначены в дальнейшем для монолитного контакта с бетоном и раствором, в тех случаях, когда это допустимо по эстетическим и санитарно-гигиеническим соображениям, могут покрываться специальными пленкообразующими материалами.

Нанесение таких материалов рекомендуется на испаряющие поверхности при бетонировании протяженных конструкций (покрытия автомобильных дорог и аэродромов, облицовка каналов и т. п.).

**9.38.** В качестве пленкообразующих материалов для ухода за свежеуложенным бетоном могут применяться лак этиноль (ТУ 966-3465-57/1267-57 Минхимпрома СССР), помароль ПМ-86 (ТУ-6 Управления химической промышленности при Совете Министров Литовской ССР), битумные эмульсии, разжиженные битумы и другие проверенные на практике составы.

**9.39.** Приготовление пленкообразующих материалов, их хранение, транспортирование, нанесение защитных составов на поверхность свежеуложенного бетона и т. д. рекомендуется производить в соответствии с «Техническими указаниями по уходу за свежеуложенным бетоном дорожных и аэродромных покрытий с применением пленкообразующих материалов» (ВСН 35-70 Минтрансстрой СССР. М., 1970).

**9.40.** Открытые поверхности свежеотформованных конструкций могут также защищаться готовыми полимерными пленками.

Готовые полимерные пленки, как и пленкообразующие материалы, кроме предотвращения обезвоживания бетона, обеспечивают более полное использование тепла окружающей среды, а пленкообразующие материалы в некоторых случаях — повышение водонепроницаемости и коррозиестойкости конструкций.

При применении полимерных пленок следует сваривать отдельные куски в большие полотнища, что повышает эффективность защиты бетона от интенсивной сушки.

Полимерные пленки укладывают на поверхность свежеуложенного бетона сразу после окончания укладки бетонной смеси, обеспечивая при этом плотное прилегание их к поверхности заглаженного бетона без складок и морщин.

Края пленок закрепляют досками, деревянными брусьями, присыпают песком или грунтом.

**9.41.** Контроль качества бетона при производстве бетонных работ в жаркую и сухую погоду должен осуществляться в соответствии с рекомендациями гл. 4 настоящего Руководства, а также путем:

систематического наблюдения за метеорологическими данными — температурой, относительной влажностью воздуха и скоростью ветра;

измерения температуры и относительной влажности воздуха у места приготовления и укладки бетонной смеси;

измерения температуры воды, применяемой для затворения бетонной смеси;

измерения температуры бетонной смеси по выходе из бетономешалки у места укладки;

наблюдения за температурой твердеющего бетона.

Результаты указанных измерений и испытаний прочности бетона должны заноситься в журнал бетонных работ.

**9.42.** Температурные измерения производят в начале, в середине и в конце рабочей смены.

Метеорологические наблюдения можно не производить, если будет обеспечено получение необходимых данных от близрасположенных метеостанций.

# 10. ПОДВОДНОЕ БЕТОНИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

## Общие указания

**10.1.** Подводное бетонирование является способом ведения бетонных работ под водой без водоотлива и позволяет:

сократить сроки и стоимость возведения и ремонта подводных конструкций за счет отказа от водонепроницаемых ограждений и водоотлива;

вести бетонные работы в условиях, где невозможен или нецелесообразен водоотлив, например при работе на морских открытых рейдах, больших глубинах, возведении конструкций на слабых водонасыщенных грунтах, ремонте подводных сооружений без вывода из эксплуатации и т. п.;

широко использовать в строительстве рациональные конструкции из пустотелых элементов — свай-оболочек, оболочек большого диаметра, опускных колодцев, массивов-гигантов и т. д.;

обеспечить благоприятный температурно-влажностный режим твердения бетона в холодное зимнее и жаркое летнее время без применения специальных мер защиты.

**10.2.** Подводное бетонирование производится в пресных и минерализованных водах при положительных и отрицательных температурах наружного воздуха следующими способами:

через вертикально перемещающиеся трубы (ВПТ);

методом восходящего раствора (ВР);

укладкой кюбелями;

втрамбовыванием бетонной смеси;

укладкой в мешках.

При любом методе бетонирования должна быть обеспечена изоляция бетонной смеси от воды в процессе ее транспортирования под воду и укладки в бетонируемой конструкции.

Примечание. При устройстве вибропабивных свай или сооружений, возводимых методом «стена в грунте», допускается бето-

нирование методом ВПТ или ВПТ с вибрацией полостей, заполненных глинистым раствором.

**10.3.** Бетонирование методом ВПТ следует применять на глубинах до 50 м в сооружениях, где требуется высокая прочность, массивность и монолитность. Бетонирование методом ВПТ с вибрацией применяется при повышенных требованиях к прочности и плотности бетона, преимущественно для конструкций, бетонируемых 1—2 трубами в жесткой опалубке или ограждении (сваи-оболочки, оболочки диаметром 3—5 м, фундаментные столбы, стенки, вибронабивные сваи и т. д.).

Примечание. Применять метод ВПТ для бетонирования конструкций размером менее 1 м по высоте не рекомендуется.

**10.4.** Бетонирование методом ВР следует применять, когда по условиям производства работ или размерам бетонируемой конструкции невозможно или экономически нецелесообразно применять бетонирование методом ВПТ, например:

а) заполнение массивных пустотелых конструкций;

б) бетонирование малогабаритных или густоармированных конструкций;

в) бетонирование конструкций на слабых грунтах, где требуется предварительное обжатие или ступенчатая загрузка основания;

г) когда необходимо сократить объем работы смесительных установок.

Метод ВР с заливкой наброски из крупного камня цементно-песчаным раствором может применяться на глубинах до 20 м для получения бетона, требования к которому не выше требований, предъявляемых к бутовой кладке.

Метод ВР с заливкой щебеночного заполнителя цементно-песчаным раствором следует применять на глубинах до 20 м для конструкций, к материалу которых предъявляются требования, соответствующие требованиям к обычному гидротехническому бетону.

Метод ВР с заливкой щебеночного заполнителя цементным раствором (без песка) или цементным раствором с мелкономольными добавками должен применяться:

при глубинах бетонирования от 20 до 50 м;

при любых глубинах (но не более 50 м) — при высоких требованиях к прочности, плотности и однородности бетона (водонепроницаемые подушки и обделки, стыки омоноличивания, малогабаритные конструкции и т. д.);

для ремонтных работ и восстановительного строительства.

**10.5.** Укладку бетона кюбелями допускается применять для конструкций с маркой бетона до 200 на любых глубинах (преимущественно более 20 м). Наиболее эффективно применение этого метода при малой высоте и большой площади бетонируемой конструкции (элемента), а также неровном дне.

**10.6.** Метод втрамбовывания бетонной смеси следует применять при глубине воды менее 1,5 м для конструкций больших площадей, бетонируемых до отметок выше уровня воды. Методом втрамбовывания могут быть получены бетоны с маркой до 300.

**10.7.** Укладка бетонной смеси в мешках может применяться для вспомогательных работ — выравнивания оснований блоков бетонирования или закрытия швов примыкания опалубки, в качестве опалубки для подводного бетонирования на глубину до 2 м, временной заделки каверн, пробоин и аварийных повреждений.

## Материалы и подбор состава бетона

**10.8.** Для приготовления бетонных смесей и растворов, предназначенных для подводного бетонирования, могут применяться все виды цементов, рекомендованных ГОСТ 4797—69 «Бетон гидротехнический, материалы для его приготовления».

**10.9.** В качестве мелкого заполнителя для бетонных смесей, укладываемых методом ВПТ, следует применять пески, кривые просеивания которых размещаются в границах, характеризующих средние пески на диаграмме просеивания ГОСТ 4797—69; для приготовления цементно-песчаных растворов, укладываемых методом ВР — пески, кривые просеивания которых размещаются в границах, характеризующих мелкие пески на той же диаграмме просеивания.

Для бетонных смесей, укладываемых кюбелями, втрамбовыванием или в мешках, могут применяться любые по крупности пески, допускаемые ГОСТ.

**10.10.** В качестве крупного заполнителя для бетонных смесей, укладываемых методом ВПТ, рекомендуется применять гравий или смесь гравия с 20—30% щебня фракций 5—10, 10—20 и 20—40 мм при максимальной крупности зерен не более 60 мм.

Наибольшая крупность заполнителя не должна превышать одной четвертой внутреннего диаметра заливочных труб или три четверти наименьшего расстояния между арматурными стержнями в свету.

Допускается изготовление бетонных смесей на щебне. В этом случае следует в качестве мелкого заполнителя применять пески, кривые просеивания которых размещаются в границах, характеризующих мелкие пески на диаграмме просеивания (ГОСТ 4797—69).

В качестве крупного заполнителя для бетонных смесей, укладываемых кюбелями, втрамбовыванием или в мешках, следует применять щебень крупностью 5—60 мм .

Соотношение мелкого и крупного заполнителя в бетонных смесях для подводного бетонирования должно быть близким 1 : 1.

**10.11.** Для улучшения технологических свойств бетонных смесей и растворов следует вводить пластифицирующие добавки в соответствии с рекомендациями гл. 2 настоящего Руководства.

Для бетонных смесей на щебне, применяемых для бетонирования методом ВПТ, рекомендуется вводить две пластифицирующие добавки СДБ и СНВ (или другая гидрофобизирующая) в количестве соответственно 0,1—0,25% и 0,01—0,02% массы цемента.

**10.12.** При бетонировании в зимних условиях для ускорения сроков схватывания и твердения подводных бетонов (растворов) рекомендуется применять:

высокоактивные цементы с ранними сроками схватывания;

противоморозные добавки в соответствии с требованиями гл. 7 настоящего Руководства.

Примечание. Применение технологических приемов, указанных в данном пункте, допускается при обеспечении всех требований по подвижности, связанности и сохранению подвижности смесей в соответствии с пп. 10.15 и 10.18. Испытание смесей должно проводиться при температуре воды — среды твердения подводного бетона (раствора).

**10.13.** Крупный заполнитель, засыпаемый в опалубку при бето-

нировании методом ВР, должен быть чистым, с содержанием карьерной мелочи, глины и пылеватых частиц не более 2%.

Объем пустот крупного заполнителя, как правило, не должен превышать 45%.

**10.14.** В качестве крупного заполнителя следует применять:

рваный камень крупностью 150—400 мм марки 100 и выше для подводной бутовой кладки;

щебень прочных и плотных горных пород крупностью 40—150 мм для подводного бетонирования, должен испытываться в соответствии с общими требованиями ГОСТ 4800—59 «Бетон гидротехнический. Методы испытания бетона» и ГОСТ 4799—69 «Бетон гидротехнический. Методы испытания бетонной смеси» и рекомендациями настоящего раздела Руководства.

**10.15.** Состав бетона для бетонирования методом ВПТ рекомендуется подбирать способом, обеспечивающим (см. приложение XIII):

необходимую прочность и долговечность бетона;

высокую подвижность и связность (нерасслаиваемость) бетонной смеси;

способность бетонной смеси сохранять свою подвижность во времени.

Прочность образцов бетона при подборе назначается на 10% выше требуемой по проекту.

Подвижность бетонной смеси, применяемой при установившихся режимах бетонирования, должна соответствовать осадке конуса 16—20 см (жесткость 3—2 с); в начальный период бетонирования при наращивании холмика-затвора у трубы — 14—16 см (жесткость 4—2 с).

Связность бетонной смеси оценивается по величине относительного водоотделения, которое должно быть в пределах 1—2%. Способность смеси сохранять подвижность оценивается величиной показателя сохранения подвижности $K$, измеряемого в часах (приложение 5 СНиП III-В.1-70). Величина показателя $K$ устанавливается в зависимости от времени, необходимого для транспортировки смеси и укладки ее под воду, но не менее 0,65 ч.

Примечание. Бетонная смесь при определении водоотделения укладывается в цилиндрический сосуд в два слоя без штыкования с десятикратным легким встряхиванием каждого слоя ударами штыковки по сосуду.

**10.16.** Состав бетона для бетонирования методом ВПТ с вибрацией рекомендуется подбирать по методике А. А. Шадрина.

Прочность при подборе должна соответствовать требуемой по проекту, осадка конуса бетонной смеси 6—12 см (жесткость 7—5 с).

Рекомендуется проверять бетонную смесь на время распространения в мерительном лотке (приложение XIII), которое должно быть не более 30 с.

**10.17.** Состав бетонов, укладываемых кюбелями, втрамбовыванием или в мешках, может подбираться любыми методами, рекомендованными для подбора составов гидротехнических бетонов. Прочность образцов бетона при подборе должна соответствовать требуемой по проекту. Осадка конуса бетонной смеси, укладываемой кюбелями и в мешках, должна быть в пределах 1—5 см (удобоукладываемость 20—10 с), бетонных смесей, укладываемых втрамбовыванием, — 5—7 см (жесткость 8—6 с).

**10.18.** Растворы для бетонирования методом ВР рекомендуется принимать с составом составляющих, указанным в табл. 43.

Таблица 43

**Рекомендуемые составы растворов для бетонирования методом ВР**

| Раствор | Состав | $\frac{В}{Ц}$ | Расход цемента | |
|---|---|---|---|---|
| | | | на 1 м³ раствора | на 1 м³ бетона |
| Цементно-песчаный | 1:1÷1:2,5 | 0,65—0,85 | 500—750 | 250—370 |
| Цементный | 1:0 | 0,7—1 | 800—1100 | 400—550 |
| Цементный с мелкопомольными добавками | 1:1 | 0,7—0,8 | 500—600 | 250—300 |

Примечание. Для растворов, перекачиваемых или укладываемых под воду растворонасосами, значение *В/Ц* должно быть уменьшено на 20—25%.

Прочность образцов, изготавливаемых по рекомендациям п. 10.70, должна быть:

цементно-песчаного раствора, заливаемого в камень крупностью 150—400 мм, — не менее полуторной прочности кладки по проекту;

бетона, получаемого заливкой щебеночного заполнителя цементным или цементно-песчаным раствором, на 15—20% выше проектной.

Цементно-песчаный раствор должен удовлетворять следующим требованиям:

подвижность раствора должна обеспечивать свободное растекание его в щебеночном заполнении с уклоном $^1/_5$—$^1/_7$;

подвижность раствора, перекачиваемого растворонасосами и применяемого для первоначальной заливки труб, должна характеризоваться уклоном $^1/_3$—$^1/_4$;

водоотделение раствора, определяемое в течение часового отстаивания в сосуде, должно быть в пределах 1,5—3%;

разность в содержании песка проб раствора, отобранных в конце мерительного лотка, и исходного раствора (приложение XIV) не должна превышать 15%.

Примечание. В предварительных подборах состава подвижность раствора рекомендуется определять погружением стандартного конуса, которое должно быть в пределах 13—15 см для обычных растворов и 11—13 см для перекачиваемых или укладываемых под воду растворонасосами. Подвижность раствора подобранного состава должна проверяться испытанием на растекание в заполнителе (приложение XV).

## Оборудование для приготовления и транспортирования бетонной смеси и раствора

**10.19.** Бетонная смесь и раствор для подводного бетонирования должны приготовляться механическими смесителями (бетоносмеси-

телями, растворосмесителями) в соответствии с указаниями гл. 3 Руководства.

Бетонные смеси для бетонирования методом ВПТ с вибрацией, кюбелями и втрамбовыванием следует приготовлять в бетономешалках принудительного действия. В случае приготовления их в бетономешалках гравитационных время перемешивания, рекомендованное для обычных бетонов, должно быть увеличено вдвое.

Растворы для бетонирования конструкций, получаемых заливкой щебеночного заполнителя, следует, как правило, изготовлять в турбулентных смесителях (СБ-43, СБ-81). При использовании товарных растворов, приготовленных на обычном оборудовании, а также при времени транспортировки раствора большем, чем указано в п. 10.21, их следует подвергать кратковременной активации в турбулентных или скоростных смесителях непосредственно перед заливкой в трубы на месте работ.

**10.20.** Добавки в бетонные смеси должны вводиться в виде растворов в соответствии с рекомендациями гл. 3 настоящего Руководства. В случае применения двух добавок они вводятся раздельно. Вначале с $^2/_3$ воды вводится СДБ, а затем, после перемешивания и достижения бетонной смесью однородности, с оставшимся количеством воды — гидрофобизирующая добавка.

**10.21.** Транспортирование бетонной смеси и раствора в зону бетонных работ производится в соответствии с рекомендациями гл. 4 настоящего Руководства и указаний настоящего раздела.

Продолжительность транспортирования, считая от момента выгрузки из смесителя до укладки в трубу, не должна превышать:

для бетонных смесей с показателем сохранения подвижности $K \geqslant 1$ ч — 30 мин;

для бетонных смесей с показателем $K \leqslant 1$ ч — половины значения $K$;

для бетонных смесей, применяемых при бетонировании методом ВПТ с вибрацией, кюбелями, втрамбовыванием, в мешках — 0,5 времени паспортного начала схватывания цемента;

для раствора — 20 мин, а при дополнительной активации на месте работ — 0,5 паспортного времени начала схватывания цемента.

**10.22.** Во всех случаях при бетонировании методами ВПТ и ВР, когда позволяют условия производства работ, следует применять подачу смеси (раствора) бетононасосами (С-296, С-295, С-284А) и растворонасосами (С-251, С-683, С-317А и др.), или непосредственно выгрузку смеси (раствора) из смесителей в бункера заливочных труб, или доставку бетонной смеси к месту укладки автобетоносмесителями. Рекомендуется использовать растворонасосы одновременно для подачи раствора и бетонирования напорным (инъекционным) методом ВР.

**10.23.** Для подачи бетонных смесей, укладываемых методами ВПТ с вибрацией, втрамбовыванием могут применяться автосамосвалы, вагонетки, бадьи и кюбели, подаваемые краном, и ленточные конвейеры.

Подача бетонной смеси и раствора автобетоновозами, автосамосвалами, вагонетками, кранами в бадьях и кюбелях допускается также при бетонировании методом ВПТ и ВР при условии, что применяемая система и средства подачи бетонной смеси обеспечивают сохранение ее подвижности и связности в рекомендованных пределах (см. пп. 10.15 и 10.18).

Все емкости для бетонных смесей и растворов должны иметь уплотняющие устройства, исключающие потерю цементного теста и цементного молока.

Для подачи растворов от питающих бункеров к воронкам труб при расстоянии, не превышающем 3 м, можно применять лотки, трубы и шланги, расположенные с уклонами, обеспечивающими движение раствора самотеком.

## Оборудование и приспособления для подводного бетонирования

**10.24.** При бетонировании методами ВПТ и ВР применяется следующее оборудование и приспособления:

специальные подмости для размещения оборудования и персонала;

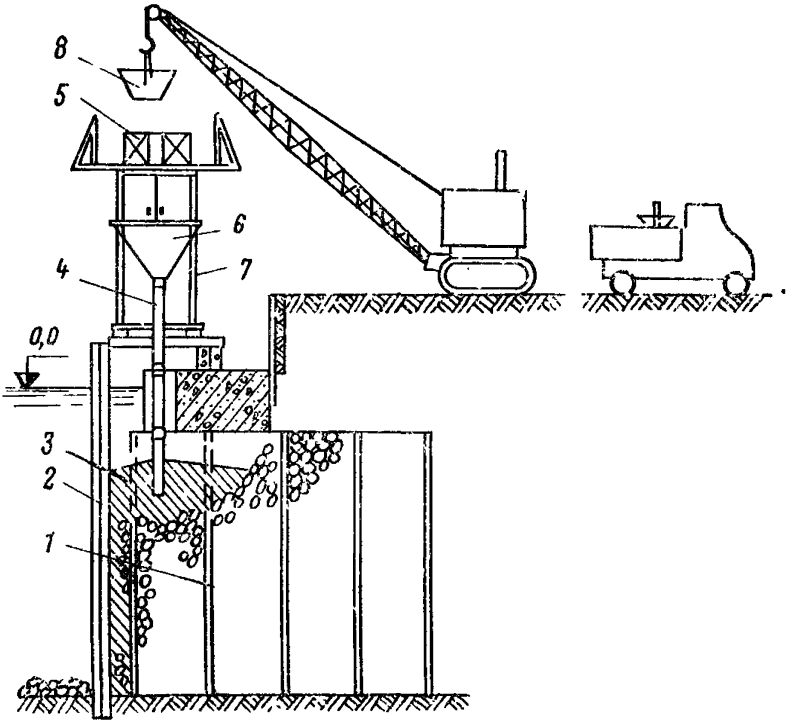



**Рис. 80. Размещение оборудования на бетонируемом объекте**

*1* — восстанавливаемый ряж; *2* — металлический шпунт; *3* — подводный бетон; *4* — вливающая труба; *5* — промежуточный бункер; *6* — воронка трубы; *7* — башенный подъемник; *8* — бадья бетонной смеси

механизмы, конструкции и приспособления для подвеса, подъема и опускания труб;

трубы (шланги) для подачи бетонной смеси (раствора) под воду, воронки и промежуточные бункера для питания труб;

ограждающие и контрольные шахты;

приспособления для первоначального заполнения труб;
вспомогательное оборудование и приспособления.

**10.25.** Специальные подмости с оборудованием в зависимости от условий работ могут размещаться:
непосредственно на бетонируемом объекте (рис. 80);
на плавучих средствах — понтонах, баржах (рис. 81);
комбинированно (рис. 82).

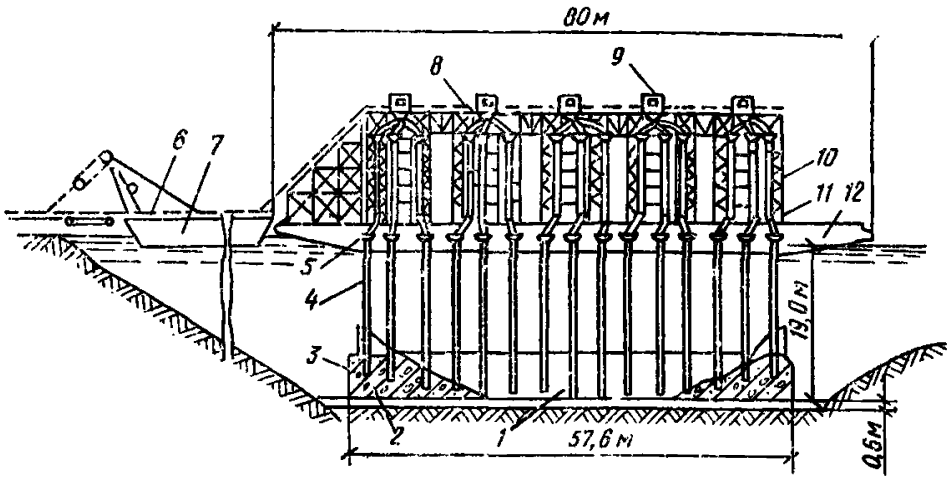
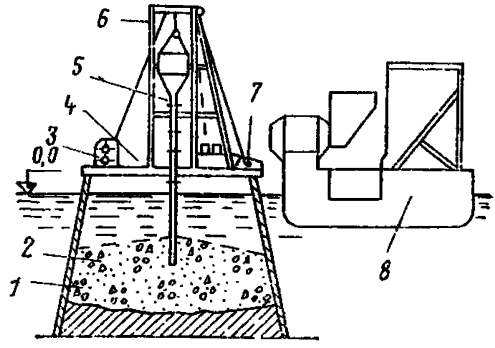



**Рис. 81. Размещение оборудования на понтоне**

*1* — бетонируемый блок днища дока; *2* — подводный бетон; *3* — бездонный металлический ящик; *4* — вливающие трубы; *5* — воронки вливающих труб; *6* — бетоновод; *7* — понтон, поддерживающий бетоноводы; *8* — звеньевые хоботы для загрузки трубы; *9* — подъемные механизмы труб; *10* — пространственные подмости для монтажа бетоноводов, подвеса хоботов, размещения подъемных устройств и подвеса труб; *11* — подвижные бункера вливающих труб; *12* — основной понтон

**Рис. 82. Комбинированное размещение оборудования**

*1* — бездонный железобетонный ящик; *2* — подводный бетон; *3* — лебедка; *4* — рабочая площадка; *5* — вливающая труба с воронкой; *6* — башенный подъемник; *7* — загрузочный ковш подъемника; *8* — плавучий бетонный завод




**10.26.** Устройства для подвеса труб должны позволять производить следующие операции:
заполнять трубы бетонной смесью (раствором) при любом рабочем положении по высоте;
поднимать и опускать трубы;
удерживать трубы при снятии звеньев;
предохранять от горизонтальных смещений и перекосов при бетонировании.

Рекомендуется для подвеса труб применять металлические и деревянные башенные подъемники, обслуживающие одну трубу, которые могут использоваться многократно (рис. 83). При бетонировании методом ВР могут использоваться более легкие устройства в виде козловых опор и треног. При бетонировании большим количеством труб могут устраиваться общие леса для подвеса всех труб (см. рис. 81).

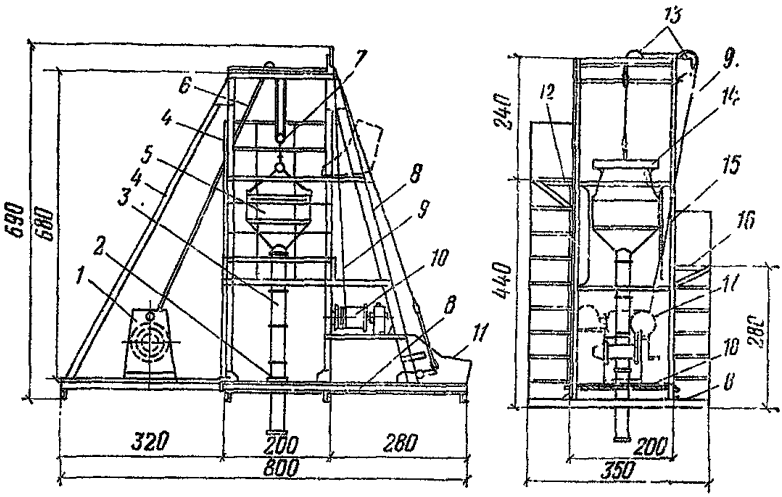



**Рис. 83. Металлическая башня со скиповым подъемником для бетонирования способом ВПТ**

*1* — лебедка; *2* — захват трубы; *3* — труба $d$=250 мм; *4* — уголок 60×60×6; *5* — воронка 0,5 м³; *6* — трос подъемника; *7* — однороликсвый блок; *8* — швеллер № 20, *9* — трос подъемника; *10* — электролебедка; *3* 1; *11* — ковш подъемника; *12* — площадка управления подъемником; *13* — блок подъемника; *14* — траверса; *15* — направляющие, *16* — площадка ответственного за трубу; *17* — барабан лебедки подъемника; *18* — настил доски 30 мм

**10.27.** Для подъема и опускания труб рекомендуется применять лебедки электрические и ручные, вороты, краны, домкраты.

Все подъемные устройства должны обеспечивать подъем и опускание труб с точностью 30—50 мм и быструю осадку труб на 300—400 мм.

При бетонировании методом ВР без ограждающих шахт (инъекционный метод) для подъема и извлечения труб или их верхних звеньев из засыпки применяются реечные домкраты, тали на треногах и т. д.

**10.28.** Для подачи бетонной смеси или раствора под воду следует применять стальные бесшовные трубы диаметром 200—300 мм при бетонировании методом ВПТ и 38—100 мм при бетонировании методом ВР.

При бетонировании методом ВР могут применяться также резиново-тканевые шланги диаметром 38—65 мм. Диаметр труб выбирается в зависимости от необходимой пропускной способности, определяемой в соответствии с принятой интенсивностью бетонирования и площадью конструкции, бетонируемой одной трубой. Диаметр

шлангов при бетонировании инъекционным методом подбирается в соответствии с диаметром выходного патрубка применяемого растворонасоса.

| Диаметр труб, мм | Пропускная способность $м^3/ч$ |
|---|---|
| 38 | 1 |
| 50 | 1,5 |
| 100 | 4,5 |
| 150 | 6 |
| 200 | 11 |
| 250 | 17 |
| 300 | 25 |

Примечание. Трубы диаметром 150 мм допускается применять при бетонировании методом ВПТ, когда по условиям работ нельзя применять трубы большего диаметра.

Если по условиям производства невозможен подъем труб и питающих их устройств (промежуточные бункера, бетоноводы и т. д.) на высоту, равную высоте бетонируемого под водой элемента (блока), трубы следует делать в верхней части из отдельных звеньев длиной 1—3 м для бетонирования методом ВПТ и 1—2 м для метода ВР.

Трубы следует соединять плотными водонепроницаемыми легкосоединяемыми фланцами (замковые соединения бетоноводов, желобчатые шарнирные захваты с клиновыми зажимами системы СКБ ВНИИМСС и др) или болтами. Стыковать резинотканевые шланги рекомендуется цанговыми соединениями. Все виды соединений должны обеспечивать взаимозаменяемость звеньев вливающих труб. Концевые (нижние) звенья труб не должны иметь нижнего фланца, усиливаются же они понизу наружным металлическим ободком.

При бетонировании методом ВР без ограждающих шахт применяются трубы с муфтами, позволяющими удалить верхнюю часть трубы по окончании бетонирования (рис. 84).

Концевые звенья этих труб рекомендуется снабжать защитными сетчатыми цилиндрами или упорными башмаками. В случае размещения вне бетонируемой конструкции применяются отогнутые заливочные патрубки на муфтах.

Собранные трубы должны иметь в верхней части клапан для выхода воздуха и воды. При бетонировании методом ВПТ с вибрацией на нижнем звене трубы жестко крепится вибратор ИВ-60, С-826 (или другой вибратор мощностью более 1 кВт). При длине трубы до 20 м применяется один нижний вибратор, при длине более 20 м устанавливается дополнительный вибратор в средней части трубы, при бетонировании вибронабивных свай вибратор устанавливается в верхней части (на воронке) или используется вибратор бадьи, подающей бетон. В таком случае на воронке должны устраиваться крепления для бадьи.

При бетонировании свай или конструкций с арматурными каркасами на трубах привариваются направляющие скобы для центровки.

Для контроля за положением труб на них наносятся яркой краской деления через 5—10 см, начиная от нижнего обреза трубы.

**10.29.** Для питания труб бетонной смесью (раствором) служат

металлические воронки и промежуточные бункера. Их объем должен обеспечивать непрерывное питание труб.

Рекомендуется питать от одного промежуточного бункера не более 3 труб.

В зависимости от расположения промежуточного бункера в плане и по высоте воронки труб загружаются через короткие лотки, звеньевые хоботы, а при разности уровней не более 1,5 м — непосредственным сбросом бетонной смеси (раствора).

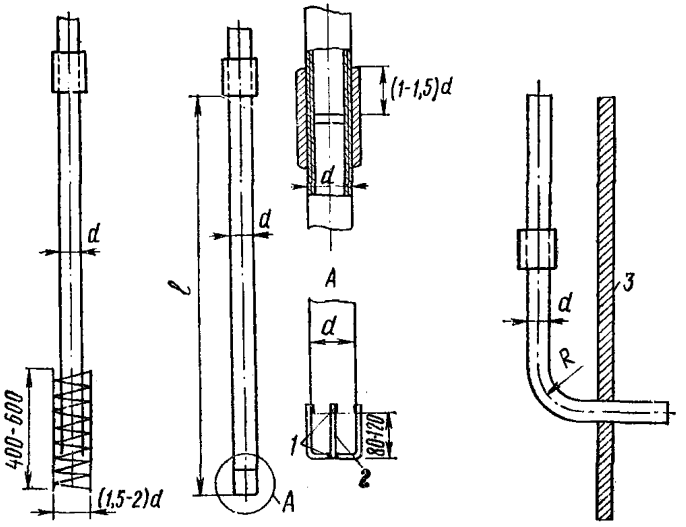



**Рис. 84. Концевые звенья труб при бетонировании без шахт**

*l* — высота бетонируемого слоя; *R* — минимальный изгиб 4 *d*; *1* — сварка; *2* — прутки *d*=14—16 мм; *3* — опалубка

**10.30.** При безнапорном бетонировании методом ВР применяются рабочие (ограждающие) и контрольные шахты, устанавливаемые в опалубке бетонируемого элемента (блока) на всю его высоту. Рабочие и контрольные шахты должны быть жесткими, не допускать потери формы или прогиба ее элементов при засыпке заполнителя. В зависимости от диаметра труб (с учетом фланцев) и размеров оборудования, служащего для контроля за режимами бетонирования, шахты изготавливаются квадратного (20×20 см или 30×30 см) или круглого (диаметр 25—30 см) сечения в плане в виде сварных каркасов из арматурной стали. Общая площадь отверстий шахты должна составлять не менее 50% ее боковой поверхности; размер отверстий в свету должен быть не более $^2/_3$ минимального размера зерен крупного заполнителя.

Для улучшения условий распространения раствора при бетонировании инъекционным методом через заливочные патрубки в опалубке рекомендуется закладывать при засыпке заполнителя проволочные горизонтальные спирали по оси патрубков диаметром, равным диаметру патрубка.

**10.31.** Для первоначального заполнения труб бетонной смесью или раствором следует применять предохранительные устройства и клапаны, которые должны обеспечить равномерное заполнение труб смесью без соприкосновения ее с водой, а в случае необходимости ограничивать скорость движения смеси в трубе.

В качестве предохранительных устройств могут применяться пробки, опускающиеся по трубе, донные пробки и клапаны.

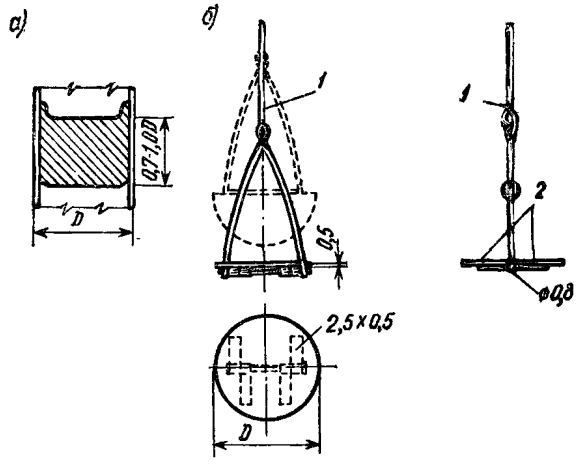



**Рис. 85. Скользящие пробки: мягкая пробка (*а*) и двухстворчатый клапан (*б*)**

*1* — трос; *2* — створки

Свободно скользящие мягкие пробки (рис. 85, *а*) следует применять:

при глубинах бетонирования до 10 м в случаях, когда нет необходимости в ограничении скорости движения смеси в трубе при ее первоначальном заполнении;

когда труба питается без промежуточного бункера и объем воронки превышает объем трубы.

Мягкая пробка изготавливается из мешковины, пакли или мешка с опилками и движется по трубе под действием веса бетонной смеси как поршень, вытесняя воду. Перед установкой в горловину воронки пробка покрывается смазкой (тавот, солидол и т. д.). Над пробкой в горловине воронки устанавливается съемный двухстворчатый клапан (рис. 85, *б*), удерживающий бетонную смесь в воронке до ее заполнения.

Жесткие пробки на подвесе (рис. 86) должны применяться:

при глубинах бетонирования более 10 м, а также при меньших глубинах в случаях, когда необходимо ограничивать скорость движения смеси при первоначальном заполнении трубы;

при малом объеме воронки (например, при наличии промежуточного бункера).

Жесткая пробка состоит из металлического или деревянного

сердечника с направляющими, уплотняющих приспособлений и подвеса, к которому крепится трос, удерживающий пробку.

Донные пробки и клапаны (рис. 87) монтируются до установки трубы в воду и предотвращают ее заполнение водой. Рекомендуется применение их при глубинах бетонирования не более 10 м.

**10.32.** В качестве вспомогательного оборудования применяются звеньевые хоботы для подачи бетонной смеси и раствора к воронкам; вспомогательные трубы и шланги диаметром 38—50 мм для

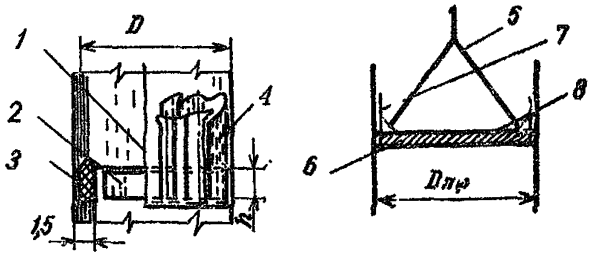



**Рис. 86. Жесткие пробки на подвесе**

*1* — трос $d$=4—6 мм; *2* — сердечник; *3* — мешки или пакли; *4* — брезентовый фартук; *5* — шатровый подвес за 3—4 точки; *6* — металлический диск; *7* — направляющая; *8* — резина $\delta$=6 мм

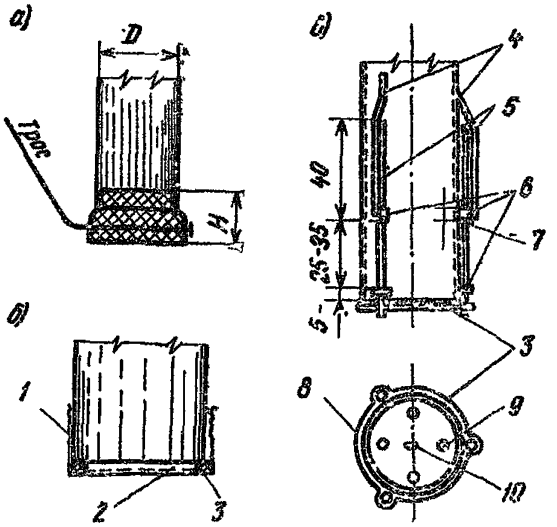



**Рис. 87. Донная пробка (*а*), отрывной клапан (*б*), подвесной клапан-дефлектор (*в*)**

*1* — веревка; *2* — металлический диск; *3* — резина $\delta$=10—20 мм; *4* — защитная полоска; *5* — шток $d$=30—35 мм; *6* — направляющие кольца $d$=33—38 мм; *7* — упор ограничитель хода; *8* — металлический диск $\delta$=15—20 мм; *9* — болт; *10* — петля для троса

заполнения основных труб раствором в случаях, предусмотренных п. 10.44; вибросита для отделения крупных включений заполнителя из раствора при инъекционном бетонировании методом ВПТ (С-442, С-720 и др.); распределители на 2—3 отвода для соединения и разводки питающих шлангов при инъекционном бетонировании методом ВР.

**10.33.** Для подачи бетонной смеси с помощью кранов применяются специальные емкости, открывающиеся снизу (кюбели, бадьи), или приспособленные для этой цели грейферы емкостью 0,2—3 м³.

Все виды кюбелей должны быть закрыты сверху и иметь надежное уплотнение по контуру раскрывания, препятствующее вытеканию цементного теста при загрузке кюбеля и попаданию воды при опускании через слой воды.

Для обеспечения плотного примыкания челюстей по створу зубья грейферов должны срезаться. Грейферные ковши следует применять с однотросовой запасовкой и небольшим противовесом на эксцентриковом замке ковша, что обеспечивает его раскрытие только при соприкосновении с основанием бетонируемого элемента или поверхностью ранее уложенной бетонной смеси. Затворы специальных кюбелей должны управляться сверху с помощью тросов, а также открываться вручную водолазом.

**10.34.** Все виды оборудования, применяемого при подводном бетонировании, должны быть опробованы на суше или при бетонировании опытных блоков.

## Бетонирование методом ВПТ

**10.35.** Бетонные работы, выполняемые методом ВПТ, бывают двух видов:

собственно метод ВПТ, когда движение бетонной смеси в трубах и распространение ее в бетонируемом элементе (блоке) происходит под воздействием собственной массы смеси благодаря ее высокой подвижности и связности;

метод ВПТ с вибрацией, когда движение бетонной смеси в трубах и распространение в бетонируемом элементе (блоке) обеспечивается воздействием вибраторов, устанавливаемых на трубах.

**10.36.** Принципы и порядок подводного бетонирования методом ВПТ следующие:

в опалубку, ограждающую элемент (блок), устанавливается труба с воронкой, достигающая дна блока;

через воронку подается бетонная смесь, заполняющая всю трубу до устья воронки;

бетонная смесь движется по трубе, выходит из ее нижнего конца под воздействием массы столба. превышающего уровень смеси в опалубке, и, распространяясь в блоке в радиусе $r$, заполняет бетонируемое пространство, вытесняя воду;

при движении смеси по трубе и в бетонируемом блоке обеспечивается полная изоляция ее от воды, для чего нижний конец трубы остается все время погруженным в свежеуложенную бетонную смесь на глубину $t$;

вначале бетонирования трубы заполняются бетонной смесью специальными приемами, предохраняющими первые порции смеси от соприкосновения с водой;

элемент (блок) может бетонироваться одной или несколькими трубами, при этом радиусы действия труб должны перекрывать всю бетонируемую площадь с взаимным перекрытием на 10—20%.

**10.37.** Бетонирование в пределах проектной высоты элемента (блока) должно вестись непрерывно с интенсивностью, обеспечивающей получение заданных радиусов действия труб и нормированного заглубления; при этом интенсивность бетонирования, являющаяся важнейшим показателем процесса подводного бетонирования, должна определяться из неравенств и принимается по большему значению:

$$I > \frac{r}{6K}; \qquad (54)$$

$$I > \frac{t}{2K}, \qquad (55)$$

где $I$ — интенсивность бетонирования, м³/м²·ч;
$r$ — радиус действия трубы (труб), требуемый для перекрытия заданной площади бетонирования элемента, м;
$t$ — заглубление трубы, требуемое для данной глубины бетонирования по табл. 17 СНиП III-В.1-70, м;
$K$ — показатель сохранения подвижности, $r$.

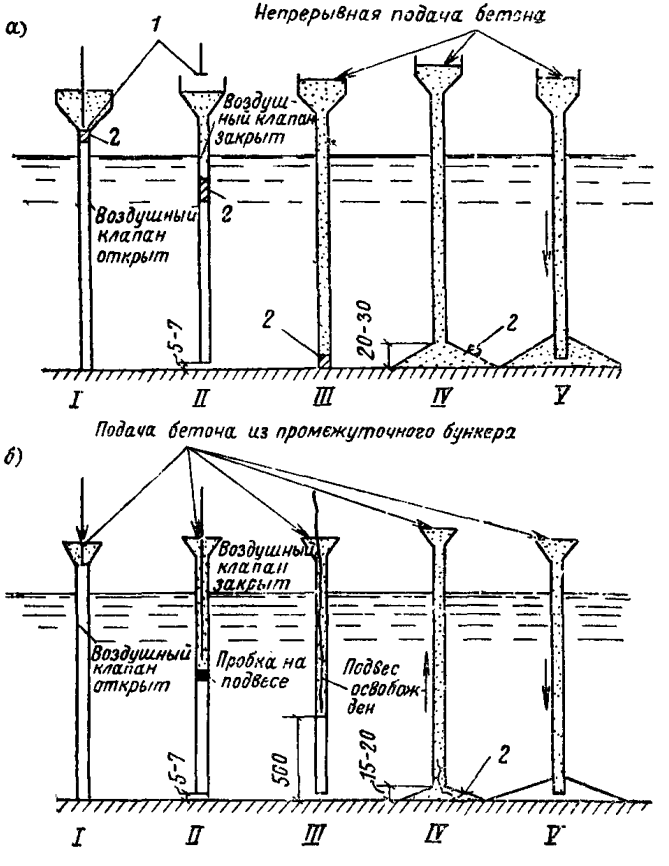



**Рис. 88. Последовательность операций первоначального заполнения труб**

*а* — с мягкой пробкой; *б* — с жесткой пробкой; *1* — клапан; *2* — пробка

**10.38.** Бетонирование проводится при следующей очередности операций:

первоначальное заполнение труб бетонной смесью;

создание холмика-затвора у труб и наращивание заглубления;

бетонирование основного объема элемента (блока);
бетонирование верхней части элемента;
извлечение труб;
обработка поверхности бетонной кладки элемента;
распалубка.

**10.39.** Скорость движения бетонной смеси по трубам при начальном их заполнении следует ограничивать:
при глубинах бетонирования более 10 м;
при слабом основании элемента (или его опалубки);
при наклонном основании элемента (блока), вызывающего неустойчивость холмика-затвора у труб.

Последовательность операций заполнения трубы с применением скользящих пробок показана на схеме рис. 88. При бетонировании методом ВПТ с вибрацией первоначальное заполнение труб проводится с той же последовательностью, при этом в зависимости от подвижности бетонной смеси и длины труб они могут заполняться без вибрации или с кратковременным включением вибратора.

**10.40.** После заполнения труб следует возможно быстрее создать у их нижних концов защитные холмики бетонной смеси и нарастить заглубление, для чего:
загружать трубы бетонной смесью пониженной подвижности с максимально возможной интенсивностью;
регулировать скорость выхода смеси величиной зазора между трубой и дном бетонируемого элемента, подвесной пробкой или клапаном-дефлектором.

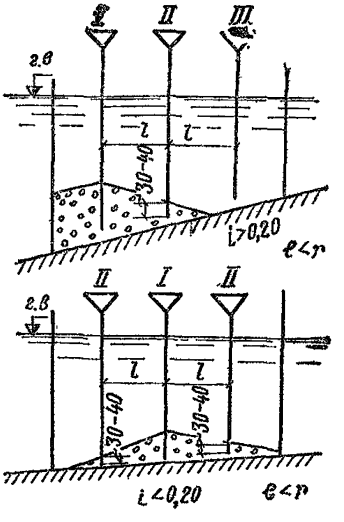



**Рис. 89. Схема разновременного включения труб**

**10.41.** В случае бетонирования элемента (блока) несколькими трубами одновременное их включение в работу допускается только при горизонтальном дне (или уклоне, не превышающем 1 : 5). При наклонном дне (рис. 89) следует включать в работу трубы поочередно. При этом расстояние между трубами не должно превышать радиуса их действия. Последующие трубы включаются в работу после того, как бетонная смесь, распространившись в опалубке блока, покроет их нижние концы на 30—40 см.

В этом случае целесообразнее для их первоначального заполнения применять донные пробки или провести заполнение приемами, рекомендованными в п. 10.44.

**10.42.** После наращивания заглубления в соответствии с принятой интенсивностью бетонирования, изменяя заглубления трубы (не выходя за пределы допустимых величин), поддерживают такое соотношение между скоростью движения бетонной смеси в трубе и заполнением воронки или промежуточного бункера, чтобы уровень смеси удерживался на уровне устья воронки. Допускается удерживать

смесь на уровне ниже устья воронки и горизонта воды в случае, если гарантирована водонепроницаемость трубы опрессовкой ее давлением не менее чем двукратное внешнее давление воды при данной глубине бетонирования и заглублении трубы не менее нормированного. При этом свободное перемещение бетонной смеси в трубе не должно быть более 10 м, а ее превышение в трубе над уровнем бетонной смеси в блоке должно быть не менее

$$h_c \geqslant r + 0{,}4\,H_в, \qquad (56)$$

где $h_c$ — превышение столба бетонной смеси в трубе над уровнем бетонной смеси в блоке;

$r$ — требуемый радиус действия трубы (труб);

$H_в$ — высота воды над уровнем бетонной смеси в блоке.

Бетонная смесь удерживается в трубе на необходимом уровне при бетонировании методов ВПТ с вибрацией включением и выключением вибратора.

В процессе бетонирования основного объема элемента (блока, захватки) должны выдерживаться режимы бетонирования регламентированные соответствующими требованиями СНиП III-В.1-70.

Нарушение нормальных режимов бетонирования приводит к снижению качества бетона и бетонного монолита, закупориванию труб в процессе бетонирования и прорыву воды в трубы, что является аварией в подводном бетонировании.

Основными причинами, вызывающими нарушения бетонирования, являются:

ухудшение технологических свойств бетонной смеси (изменение состава или условий приготовления, применение новых составляющих, ошибки дозировки, влияние транспортировки и т. д.);

снижение интенсивности бетонирования и перерывы в подаче бетонной смеси в трубы.

**10.43.** При прорыве воды в трубы (при недостаточном заглублении или неосторожном подъеме) бетонирование следует немедленно прекратить. Бетонирование с водой в трубах приводит к расслоению бетонной смеси, полной потери прочности и монолитности бетонной кладки.

**10.44.** Бетонирование после аварийных перерывов может быть возобновлено:

а) немедленно, если перерыв, связанный с ликвидацией аварии, не превышает времени, равного показателю сохранения подвижности смеси ($К$).

б) после того как бетон достигнет прочности 20—25 кгс/см², в случаях, когда перерыв превышает время, указанное в п. «а».

При немедленном возобновлении бетонирования следует осадить трубу, втопить ее нижний конец в свежеуложенную бетонную смесь на 30—40 см и произвести первоначальное заполнение:

бетонной смесью с повышенным содержанием цемента после откачки воды из трубы;

цементным или цементно-песчаным раствором с $\frac{В}{Ц} = 0{,}5—0{,}6$ через вспомогательную трубу (шланг) диаметром 38—50 мм с вытеснением воды из основной трубы через верхний клапан;

цементным раствором, заливаемым непосредственно в воду, заполнившую трубу, при глубине бетонирования менее 5 м с вытеснением воды из трубы через верхний клапан.

После заполнения трубы бетонирование продолжается с очередностью, рекомендованной в п. 10.38.

Примечание. Допускается немедленное возобновление бетонирования с применением для заполнения трубы скользящих пробок (п. 10.39). В этом случае в момент выхода пробки из трубы она осаживается и заглубляется в ранее уложенную бетонную смесь на 20—30 см.

При возобновлении бетонирования после длительного перерыва следует:

расчистить поверхность элемента (блока) от шлама и рыхлого бетона на глубину 10—20 см, в случае необходимости устроить штрабы для усиления связи с вновь укладываемым бетоном;

возобновить бетонирование теми же приемами, что и в начале работ.

Примечание. Рекомендуется втапливать в подводный бетон нижней части блока до его схватывания металлические анкеры для связи с бетоном, укладываемым после возобновления бетонирования.

**10.45.** При бетонировании верхней части блока (1—1,5 м ниже проектной отметки) следует максимально уменьшить уклоны поверхности бетонной смеси в блоке, для чего:

увеличить интенсивность бетонирования и заглубления труб;

применить смеси с верхним пределом подвижности.

Высоту бетонной кладки следует доводить до уровня, превышающего проектную отметку на 2% высоты элемента (блока), но не менее 100 мм с последующим удалением верхнего слоя до проектной отметки после достижения бетоном прочности 20—25 кгс/см$^2$.

## Бетонирование методом ВР

**10.46.** Бетонирование методом ВР является раздельным способом бетонирования и заключается в заливке цементного или цементно-песчаного раствора через трубы в пустоты крупного заполнителя, предварительно засыпанного в опалубку элемента (блока).

Бетонирование методом ВР может быть двух видов (рис. 90):

безнапорное бетонирование (гравитационный метод), когда трубы устанавливаются в ограждающих шахтах и распространение раствора в пустотах крупного заполнителя происходит под воздействием его массы благодаря высокой подвижности и связности;

напорное бетонирование (инъекционный метод), когда трубы устанавливаются без шахт, и распространение раствора в пустотах крупного заполнителя обеспечивается давлением, создаваемым весом столба раствора в трубах или растворонасосами.

**10.47.** Принципы и порядок подводного бетонирования методом ВР аналогичны бетонированию методом ВПТ (см. п. 10.37).

Рекомендуется устанавливать трубы без шахт:

при высоте бетонируемой конструкции до 1,5 м;

для конструкций высотой до 3 м при щебеночном заполнителе, применяя двухъярусную установку труб;

для малогабаритных конструкций любой высоты, не позволяющих установить шахты, применяя при этом ступенчатую засыпку заполнителя и постепенный подъем труб;

при бетонировании тонкостенных конструкций, узких полостей, каверн в сооружениях, когда трубы (шланги) размещаются вне

бетонируемой конструкции и соединяются с заливочными патрубками опалубки.

Во всех остальных случаях рекомендуется бетонировать с установкой труб в ограждающих шахтах. При бетонировании без шахт трубы нижнего яруса и нижние заливочные патрубки устанавливаются на 10—15 см выше дна блока.

Примечание. Во всех случаях, когда позволяют размеры бетонируемой конструкции, должны устанавливаться контрольные

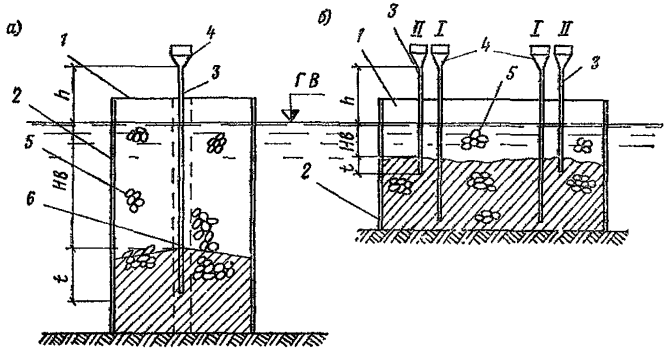



**Рис. 90. Схема подводного бетонирования способом ВР**

*а* — бетонирование с шахтой; *б* — бетонирование без шахты; *1* — бетонируемый блок; *2* — опалубка блока; *3* — заливочные трубы; *4* — воронки труб; *5* — каменное заполнение; *6* — ограждающая шахта; *I*, *II* — первый и второй ярусы труб

шахты для наблюдения за распространением раствора в блоке, отбора проб, а также установки дополнительных труб при засорении рабочих шахт.

**10.48.** Крупный заполнитель рекомендуется засыпать в опалубку (ограждение) непосредственно перед бетонированием сразу на всю высоту бетонируемого элемента (блока). Шахты должны быть установлены в опалубку до засыпки заполнителя и надежно раскреплены.

Постепенная (ступенчатая) засыпка допускается в случаях:

когда требуется предварительное обжатие основания (п. 10.4 «в»);

при многоярусном расположении труб (установка без шахт);

в случаях, предусмотренных в п. 10.47.

Примечание. Засыпка заполнителя в процессе бетонирования не должна нарушать процесс заливки (перерыв, снижение интенсивности и т. д.).

**10.49.** Бетонирование в пределах проектной высоты элемента (блока) должно вестись непрерывно с интенсивностью или давлением, обеспечивающим распространение раствора в пустотах крупного заполнителя в необходимых радиусах с сохранением свойств раствора в нормированных пределах и сохранением заглубления труб в раствор не менее 0,8 м. Рабочие режимы бетонирования и свойства раствора следует проверять заливкой опытных блоков треугольной формы, имеющих объем не менее:

5 м³ — для бетона с заливкой камня цементно-песчаным раствором;

3 м³ — для бетона с заливкой щебня цементным или цементно-песчаным раствором.

При составлении проекта производства работ и назначении расстояний между трубами или заливочными патрубками радиусы их действия принимаются по расчетным формулам СНиП III-В.1-70, при этом интенсивность бетонирования определяется как объем раствора, подаваемого в час на 1 кв. м площади бетонируемого элемента (блока), а не площади пустот заполнителя.

**10.50.** Перед началом бетонирования трубы заполняются раствором специальными приемами для вытеснения воды из труб:

а) для труб диаметром 100 мм при глубине более 5 м и диаметром 75 мм — при глубинах более 10 м в случаях бетонирования с шахтами с применением скользящих пробок (см. п. 10.31);

б) для всех остальных случаев цементным раствором (без песка).

Для первоначального заполнения труб следует применять раствор с подвижностью меньшей, чем растворы рабочего состава, на 25—30%. Объем заливаемого раствора до перехода на подачу растворов рабочего состава должен быть не менее полуторного объема трубы.

При двухъярусном расположении труб или заливке через патрубки трубы верхнего яруса следует заполнять цементным раствором пониженной подвижности лишь после того, когда раствор в блоке покроет их устья не менее чем на 15—25 см.

При бетонировании несколькими трубами блоков с уклоном основания более 1 : 5 следует включать трубы в работу поочередно. Бетонирование следует начинать трубой, установленной в наиболее углубленной части блока, последующие трубы включаются после того, как раствор в блоке покроет их нижние концы на 15—20 см. Первоначальное их заполнение осуществляется цементным раствором пониженной подвижности.

**10.51.** При нормальных режимах бетонирования уклон поверхности залитого в блок раствора должен быть не более 1 : 5 при каменном и 1 : 4 при щебеночном заполнителе. В случае образования больших уклонов следует увеличить интенсивность подачи бетона при бетонировании с шахтами или увеличить давление раствора в трубах при инъекционном бетонировании. Допускается также увеличение подвижности раствора в нормативных пределах.

При бетонировании с шахтами превышение столба раствора в трубе над уровнем раствора в блоке в любой момент бетонирования должно быть не менее величины, определяемой формулой

$$h_р = 1{,}5 + 0{,}45\,H_в, \qquad (57)$$

где $h_р$ — превышение столба раствора в трубе над уровнем раствора в блоке, м;

$H_в$ — высота столба воды над уровнем раствора в блоке, м.

**10.52.** При закупоривании трубы для ликвидации пробки рекомендуется:

уменьшить заглубление и встряхнуть трубу (при бетонировании с шахтами);

пробить пробку металлическим прутом или штангой;

обстучать трубу или применить вибрацию, прикрепив вибратор к трубе.

Если невозможно устранить пробку, следует продолжить заливку через дополнительные трубы, установив их в контрольные или запасные шахты при безнапорном бетонировании, через запасные трубы или патрубки — при напорном бетонировании. Первоначальное заполнение труб раствором следует проводить в соответствии с указаниями п. 10.50 «б».

При бетонировании с шахтами забитую трубу извлекают из блока, разбирают, очищают и после сборки устанавливают в рабочей шахте. После этого заливку через запасную трубу можно прекратить.

**10.53.** При прорыве воды в трубу бетонирование следует прекратить. В случае бетонирования элемента (блока) одновременно несколькими трубами при прорыве воды в одну из труб бетонирование может быть продолжено остальными при условии, что радиусы их действия перекрывают всю площадь бетонируемого блока. После ликвидации последствий прорыва воды в трубу она может быть включена в работу с выполнением мероприятий, рекомендованных в п. 10.50 «б».

**10.54.** После аварийного перерыва бетонирование может быть возобновлено немедленно после ликвидации аварии, если раствор, залитый в блок, не потерял подвижность и позволяет произвести втапливание нижних концов труб на 15—25 см и произвести операции по п. 10.50 «б» при бетонировании с шахтами или закачку раствора под повышенным давлением при инъекционном бетонировании.

**10.55.** При длительном аварийном перерыве, когда будет потеряна подвижность раствора в блоке, бетонирование может быть продолжено по достижении раствором прочности 10—15 кгс/см². Для возобновления следует:

промыть шахты и каменное заполнение напорной водой, подаваемой через трубы или шланги, установленные в рабочие, дополнительные и контрольные шахты (или через запасные трубы и патрубки при напорном бетонировании);

немедленно после промывки возобновить бетонирование, произведя первоначальное заполнение труб приемами, рекомендованными в п. 10.50;

вести первоначально бетонирование цементным раствором или цементно-песчаным раствором повышенной жирности в течение времени, необходимого для подъема уровня раствора в блоке на 15—20 см, после чего переходить на бетонирование рабочими составами растворов.

**10.56.** При бетонировании верхней части элемента (блока) (0,5—1 м ниже проектной отметки) следует максимально уменьшить уклоны поверхности залитого в блок раствора, для чего повысить интенсивность бетонирования или напор в трубах и применять растворы с верхним пределом подвижности или более жирные по составу.

Уровень залитого раствора следует доводить до отметки на 100—200 мм выше проектной. По достижении бетоном блока прочности 20—25 кгс/см² излишек раствора удаляется.

**10.57.** Организация работ при бетонировании кюбелями (число и объем кюбелей, грузоподъемность и число кранов и т. д.) должна обеспечивать такую интенсивность бетонирования, чтобы каждый уложенный слой бетона перекрывался последующим до начала схватывания цемента.

**10.58.** Бетонирование следует начинать с наиболее низкого места основания элемента (блока), заполняя в первую очередь местные

впадины. Переходить к равномерной укладке бетонной смеси по площади блока следует лишь после того, как основание выровнено Первый слой бетонной смеси рекомендуется укладывать с повышенным на 15—20% содержанием цемента против рабочего состава.

**10.59.** Кюбели рекомендуется сажать на уложенный первый слой по зигзагообразной линии с таким расчетом, чтобы каждая новая порция бетонной смеси размещалась последовательно за ранее уложенными. Погружение кюбеля в воду должно быть плавным,

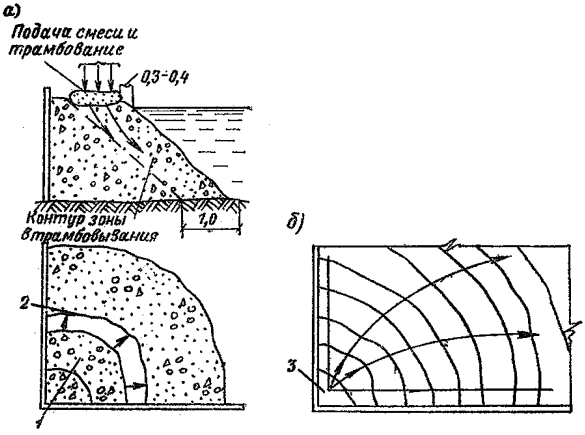



**Рис. 91. Порядок бетонирования при методе втрамбовывания**

*а* — подача смеси на островок; *б* — схема перехода от подачи бетонной смеси в угол блока к подаче по всему поперечному сечению; *1* — участок подачи и втрамбовывания; *2* — урез воды; *3* — начальный островок

без рывков, при посадке на место укладки необходимо его втапливать на 5—10 см в ранее уложенную бетонную смесь. Выгрузку смеси следует производить не ранее того, как кюбель посажен на место; для этого следует раскрыть затвор и слегка приподнять кюбель.

**10.60.** Рекомендуется проводить бетонирование кюбелями при участии водолазов, которые обеспечивают правильную посадку и разгрузку кюбелей, а также сигнализацию о подъеме и открытии затвора кюбеля.

**10.61.** При бетонировании методом втрамбовывания сооружение (элемент) может не разбиваться на блоки, если это не вызывается конструктивными требованиями, и бетонироваться по всей площади.

**10.62.** При бетонировании втрамбовыванием необходимо соблюдать следующий порядок (рис. 91):

бетонную смесь следует начинать укладывать от угла блока или одной из стенок ограждения;

первоначально следует образовать выступающий из воды островок укладкой бетонной смеси через трубу или кюбелем;

последующие порции бетонной смеси должны укладываться с

тыловой (обращенной к берегу или ограждению) стороны островка с постепенным вытеснением его наружного откоса в воду.

**10.63.** Порции бетонной смеси следует подавать на островок и вслед за этим утрамбовывать. Разгружать бетонную смесь следует только на горизонтальную поверхность островка на расстоянии от уреза воды не менее 500 мм. Подавать бетонную смесь следует по всему контуру островка с такой интенсивностью, чтобы не происходило схватывание цемента в «зоне втрамбовывания» шириной не менее 1 м, считая от основания и бровки откоса.

**10.64.** Бетонная смесь втрамбовывается обычными трамбовками, начиная с тыловой стороны островка и заканчивая не доходя 200—300 мм до уреза воды. В процессе втрамбовывания следует вытеснять откос уложенной бетонной смеси изнутри, предотвращая соскальзывание смеси по откосу. Втрамбовывание необходимо совмещать с глубинной вибрацией, ограничивая приближение вибраторов к наружному откосу двойным радиусом действия.

**10.65.** В процессе бетонирования и после его окончания поверхность уложенного бетона должна защищаться от размыва и механических повреждений укладкой брезентов, щитов, матов с пригрузкой камнем или мешками с песком.

**10.66.** Мешки при методе укладки бетонной смеси в мешках должны быть тканевые. Объем мешков должен позволять укладывать их вручную.

**10.67.** Рекомендуется заполнять мешки бетонной смесью непосредственно у места укладки и употреблять их в дело сразу после заполнения. Мешки следует плотно завязывать или зашивать.

**10.68.** Мешки укладываются водолазами с перевязкой швов. В отдельных случаях допускается скрепление мешков металлическими заершенными скобами.

**10.69.** Контролю в процессе работ по подводному бетонированию подлежат:

качество фактически применяемых материалов, их дозировка, свойства бетонных смесей и растворов;

качество бетонной смеси (раствора) и уложенного подводного бетона;

режимы подводного бетонирования.

**10.70.** Испытания материалов для приготовления бетонных смесей и растворов проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 4798—69.

Свойства бетонной смеси и раствора определяются испытанием проб, отбираемых в соответствии с рекомендациями гл. 6 настоящего Руководства; соответствие применяемых составов бетона и раствора требованиям к прочности и однородности бетона контрольных образцов-кубов размером:

при бетонировании методом ВПТ, кюбелями и втрамбовыванием — 200×200×200 мм;

при бетонировании методом ВР со щебнем — 200×200×200 мм или 300×300×300 мм; образцы получают заливкой цементного или цементно-песчаного раствора в формы, заполненные щебнем.

**10.71.** По режиму подводного бетонирования подлежат контролю и регистрации в журнале подводного бетонирования:

интенсивность бетонирования;

давление раствора при инъекционном бетонировании методом ВР;

величина заглубления труб;

уровень бетонной смеси (раствора) в трубах;

уровень и уклон поверхности уложенной бетонной смеси (раствора) в блоке.

Уровень поверхности уложенной смеси определяется при бетонировании методом ВПТ и ВР с шахтами измерением глубины в блоке или рабочих и контрольных шахтах футштоками, лотами или поплавками, погруженными в шахты. При напорном бетонировании уровень раствора устанавливается водолазами по появлению раствора в контрольных отверстиях опалубки.

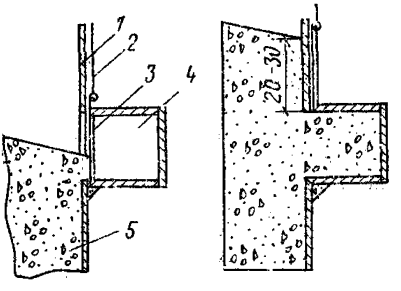



**Рис. 92. Формы, укрепляемые на опалубке шахты, для получения образцов подводного бетона**

*1* — опалубка; *2* — трос заслонки; *3* — заслонка; *4* — форма 20×20×20; *5* — подводный бетон

Заглубление труб определяется по меткам на трубах уровня бетонной смеси (раствора). Измерения в начале бетонирования делаются каждые 15 мин, при установившихся режимах через час. Регулярно следует контролировать отсутствие утечки раствора (цементного теста) из опалубки элемента (блока) водолазным осмотром и сравнением данных об объеме залитой бетонной смеси (раствора) с данными расчетов по отметкам уровня смеси в блоке.

**10.72.** Качество бетонной смеси (раствора), уложенной в сооружение (элемент, блок), рекомендуется определять испытанием проб, отобранных непосредственно из бетонируемого блока специальными ковшами с шиберными заслонками, кюбелями, желонками и т. п. Допускается при бетонировании конструкций, возвышающихся над водой, пробы отбирать с вышедшего на поверхность воды островка бетонной смеси.

**10.73.** Качество бетонной кладки рекомендуется определять:

для малогабаритных конструкций, доступных с двух сторон, импульсно-акустическим (ультразвуковым) методом;

испытанием образцов-кубов, получаемых заполнением специальных форм (кюбелей), прирезаемых к опалубке (рис. 92);

для массивных ответственных конструкций выбуриванием кернов или осмотром бетона в специальных шахтах сечением не менее 80×80 см, устанавливаемых в элемент (блок) до бетонирования, распалубливаемых и осушаемых после твердения бетона;

водолазным осмотром распалубленных наружных поверхностей элементов (блоков).

Все данные испытаний и осмотров оформляются актом.

## 11. РАБОТЫ ПО ТОРКРЕТИРОВАНИЮ

**11.1.** Под торкретированием понимается нанесение под давлением сжатого воздуха на поверхность тонкого слоя цементно-песчаного раствора (торкрет) цемент-пушкой или бетонной смеси (на-

брызг-бетон) бетоншприцмашиной, а также установкой «пневмобетон».

**11.2.** Торкретирование используется для: возведения тонкостенных железобетонных конструкций, в том числе густоармированных по односторонней опалубке, нанесения гидроизоляционных покрытий, крепления горных выработок, замоноличивания стыков, ремонта железобетонных конструкций и т. п.

## Торкрет и набрызг-бетон

**11.3.** При торкретировании сухая смесь цемента и песка сильной струей воздуха после смешивания с водой наносится в один или несколько слоев на армированную или неармированную поверхность конструкции. Образуется плотное и прочное покрытие, хорошо сцепляющееся с торкретированной поверхностью. Количество и толщина слоев, характеристика смеси, вид и максимальная крупность заполнителя определяются проектом.

Набрызг-бетон представляет собой бетонную смесь, наносимую послойно набрызгом при помощи бетон-шприц-машины.

**11.4.** Оборудование для нанесения торкрета состоит из цемент-пушки, например СБ-13 (С-320) или СБ-66 (С-1004), для пневматической подачи сухой смеси, компрессора и рабочего шланга с соплом.

Оборудование для нанесения слоя набрызг-бетона состоит из машины С-630А или БМ-60; компрессора и рабочего шланга с соплом.

Компрессор для торкретирования может быть любой марки производительностью не менее 9 м$^3$/мин при давлении 8 атм.

**11.5.** Основными материалами для приготовления сухой торкретной смеси являются портландцемент марок 400 и 500 (по ГОСТ 10178—62) и песок с крупностью зерен 1—8 мм, чистый без примеси ила и глины. Допускается влажность песка из плотных пород 2—8%. Влажность пористых заполнителей должна быть в пределах 4—8%. Песок с влажностью менее 2% применять не следует, так как в этом случае цементно-песчаная смесь при транспортировании по материальным шлангам будет расслаиваться.

**11.6.** Для приготовления сухой смеси применяются преимущественно смесители принудительного действия.

Готовая цементная смесь пригодна к употреблению в течение 2—3 ч. Хранение ее более продолжительное время нежелательно, так как она слеживается, и торкрет, получаемый из такой смеси, не будет обладать достаточной прочностью.

Для предохранения сухой смеси от дождя на месте работ необходимо иметь навес или ларь с плотно закрывающейся крышкой.

**11.7.** Перед нанесением раствора или бетона для его лучшего сцепления с торкретируемой поверхностью ее прочищают сухим песком с помощью цемент-пушки или пескоструйного аппарата с последующей промывкой водой под давлением.

**11.8.** Подача воды к соплу осуществляется под давлением 4—5 атм из резервуара, к которому подводится сжатый воздух от компрессора. Давление воды должно превышать давление воздуха в машине на 0,5—1,5 атм.

**11.9.** Для подачи воды и воздуха к торкретному агрегату применяют резиновые шланги марок В и Г диаметром 18—28 мм, а для подачи сухой смеси — материальный шланг марки Ш диаметром 25—38 мм.

**11.10.** Торкретирование ведется послойно. Толщина одновременно наносимых слоев не должна превышать:

15 мм — при нанесении раствора на горизонтальные (снизу вверх) или вертикальные неармированные поверхности;

25 мм — при нанесении раствора на вертикальные армированные поверхности;

50 мм — при нанесении бетонных смесей на горизонтальные поверхности (снизу вверх);

75 мм — при нанесении бетонных смесей на вертикальные поверхности.

При нанесении растворных или бетонных смесей на горизонтальные поверхности сверху вниз толщина слоя не ограничивается.

**11.11.** В резервуарах торкретирование начинают в местах сопряжения днища со стенкой, захватывая днище и стенку на высоту 1,5—1,8 м. После этого переходят на верх резервуаров и наносят торкрет послойно сверху вниз.

**11.12.** Расстояние между соплом и торкретируемой поверхностью должно быть при работе цемент-пушкой типа С-320 0,7—0,9 м, а при работе цемент-пушкой типа С-702 0,9—1,2 м.

Сопло нужно держать перпендикулярно рабочей поверхности.

Первый слой торкрета наносят толщиной 10—15 мм, выравнивают его, срезая отдельные неровности лопаткой, и выдерживают в течение 24 ч.

После этого поверхность смачивают водой и кругообразными движениями сопла наносят последующие слои толщиной 5—10 мм.

**11.13.** Нанесение торкрета на вертикальную поверхность следует начинать с нижних ее участков, перемещая сопло вверх по мере образования торкретируемого слоя.

Минимальный перерыв между нанесением на данной захватке смежных слоев торкрета или набрызг-бетона определяется строительной лабораторией из условия, что под действием струи свежей смеси не должен разрушаться предыдущий слой торкрета, а максимально допустимый перерыв при втапливании свежего слоя в предыдущий и хорошем сцеплении между ними должен обеспечивать монолитность всего покрытия.

**11.14.** При эксплуатации торкретных агрегатов необходимо соблюдать следующие правила:

место установки цемент-пушки должно быть укрыто от атмосферных осадков,

температура окружающего воздуха в месте установки цемент-пушки, по трассе прохождения материального и водяного шлангов, а также у форсунки должна быть не ниже +5° С;

длина шланга, подающего воздух от компрессора к цемент-пушке, не должна превышать 9 м;

воздух должен подаваться в цемент-пушку под давлением после предварительной очистки в воздухоочистителе от влаги и масла;

перед началом работ на торкретном агрегате необходимо проверить состояние всех механизмов и соединений;

подаваемая вода должна быть чистой;

в конце каждой смены цемент-пушку следует очистить от смеси, так как оставшиеся в ней частицы могут в дальнейшем образовать пробку;

длина материальных шлангов должна быть не менее 20 м;

смесь хорошо надо перемешивать.

## Пневмобетон

**11.15.** Пневмотранспорт мелкозернистых бетонных смесей * во взвешенном состоянии, именуемый в отечественной практике способом «пневмобетон», предназначен для подачи по трубопроводам, укладки и уплотнения смесей в бетонируемой конструкции.

**11.16.** Установка «пневмобетон» для пневмотранспорта смесей по трубопроводам во взвешенном состоянии (рис. 93) включает в себя: питатель с вибростолом, трубопровод с разъемными соединениями секций и набором сопел, растворосмеситель со скиповым подъемником и вибропитателем, компрессорную станцию.

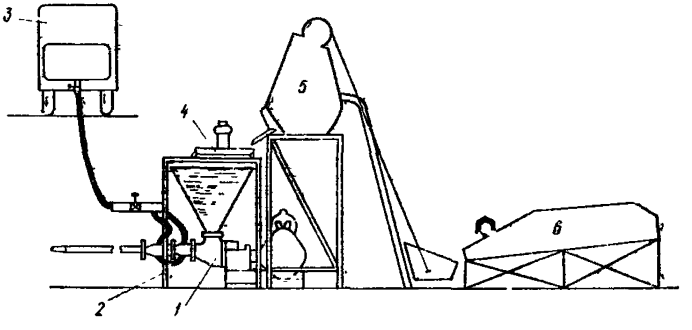



**Рис. 93. Схема установки «пневмобетона»**

*1* — питатель; *2* — вибростол; *3* — компрессорная станция; *4* — вибросито *5* — растворосмеситель; *6* — вибропитатель

**11.17.** Питатель, предназначенный для равномерного зашлюзовывания смеси в трубопровод, представляет собой серийно выпускаемый плунжерный растворонасос, реконструированный по прямоточной схеме, с добавлением приставки НИИ Мосстроя.

Для предотвращения попадания в питатель посторонних предметов и частиц крупностью более 7—8 мм используется вибросито, которое устанавливается на опорный стол.

Технические характеристики питателей установок «пневмобетон» приведены в приложении XVI.

**11.18.** Растворосмеситель со скиповым подъемником предусмотрен в комплекте установки для перемешивания расслоившейся и частично загустевшей смеси. Вибропитатель предназначен для приема смеси из автосамосвала, ее хранения и выдачи в скиповой подъемник.

Компрессорная станция предусмотрена для снабжения установки «пневмобетон» сжатым воздухом, с помощью которого смесь транспортируется по трубопроводу во взвешенном состоянии, укладывается и уплотняется в конструкции.

**11.19.** *Принцип действия установки следующий.*

Смесь подается в бункер питателя. Под действием плунжера и плоской резиновой диафрагмы смесь, проходя через всасывающий

---

* При дальнейшем изложении термин «мелкозернистая бетонная смесь» для краткости заменяется термином «смесь».

и нагнетательный шаровые клапаны, поступает в смесительную камеру, куда от компрессора подается также сжатый воздух. В смесительной камере происходит перемешивание смеси со сжатым воздухом, после чего она транспортируется по трубопроводу и укладывается с уплотнением.

**11.20.** На рис. 94 приведена схема организации работ с использованием установки «пневмобетон» по бетонированию тонкостенных конструкций резервуаров из монолитного бетона.

**11.21.** Смесь, подлежащая транспортированию и укладке с помощью установки «пневмобетон», должна удовлетворять следующим требованиям:

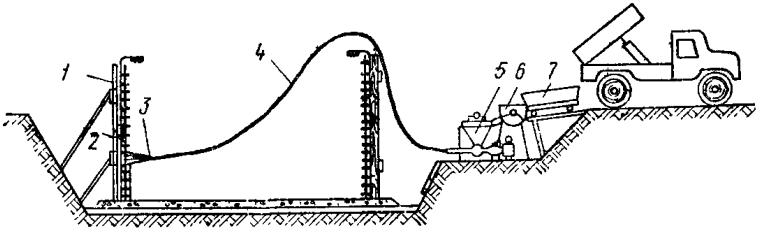



**Рис. 94. Схема организации работ по бетонированию тонкостенных конструкций резервуаров из монолитного бетона**

*1* — наружная опалубка; *2* — арматура; *3* — сопло; *4* — трубопровод; *5* — питатель-растворонасос; *6* — растворомешалка; *7* — бункер-питатель

быть однородной, нерасслоившейся по своей структуре в момент ее использования;

иметь в момент ее использования требуемую подвижность (по стандартному конусу).

Учитывая, что в процессе набрызга часть воды затворения из смеси удаляется вместе со сжатым воздухом, следует готовить смесь с подвижностью выше той, которая требуется в конструкции.

Так, если в конструкции требуется иметь смесь подвижностью 2, 3 или 4 см, то соответствующая ориентировочная подвижность смеси, загружаемой в питатель установки, должна быть 7,5; 8,5; 9,5 см;

максимальная крупность частиц заполнителя не должна превышать 7—8 мм;

гранулометрический состав смеси должен определяться расчетом в строительной лаборатории.

**11.22.** Транспортирование смесей в струе сжатого воздуха следует производить при соблюдении следующих основных условий:

коэффициент весовой концентрации, определяемый из выражения (58), должен находиться в определенных допустимых интервалах (табл. 44).

$$\mu = \frac{G_{см}}{G} = \frac{П_{см}\gamma_{см}}{60\,П\gamma}, \qquad (58)$$

где $G_{см}$ — расход по массе смеси, кг/ч;

$G$ — то же, транспортирующего воздуха, кг/ч;

$П_{см}$ — фактическая производительность питателя, м³/ч; в условиях строительной площадки может быть определена при отсоединенном трубопроводе и смесительной камере путем определения времени наполнения мерной емкости;

$П$ — фактическая производительность компрессора, м³/мин, в условиях строительной площадки может быть определена путем фиксирования времени наполнения воздухосборника компрессора воздухом до максимально допустимого давления при рабочих оборотах двигателя.

В этом случае $П = \frac{Q_в P}{t}$;

$Q_в$ — объем воздухосборника, м³;

$P$ — давление воздуха, кгс/см²;

$t$ — время заполнения воздухосборника, мин;

$\gamma_{см}$ — плотность смеси, кг/м³, которая обычно меняется в интервале от 1900 до 2100 кг/м³;

$\gamma$ — плотность воздуха, принимаемая равной 1,2 кг/м³.

Общее сопротивление движению аэросмесей по трубопроводу $P_{см}$ не должно превышать допускаемого предела, т. е.

$$P_{см} < [P],$$

где $[P]$ — допускаемое рабочее давление в трубопроводе в кгс/см²; $[P]$ принимается равным максимальному рабочему давлению для строительных компрессорных станций, т. е. 7 кгс/см².

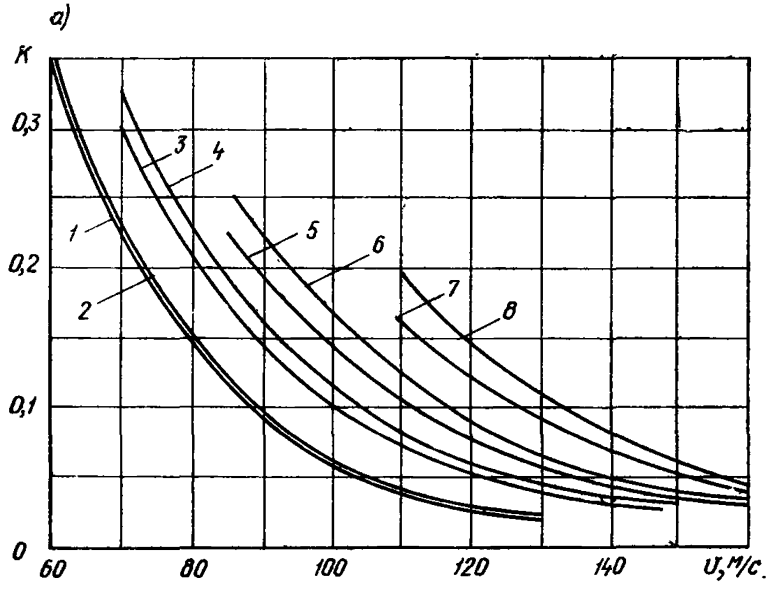



**Рис. 95. Зависимость $K$ ($V$) для цементно-песчаных смесей**

*а* — для подвижности 6 см; *б* — для подвижности 10 см; *1* — растворов 1 : 4; $d$=20 мм; *5* — растворов 1 : 2; $d$=20 мм; *2* — растворов 1 : 4; $d$=40 мм; *6* — растворов 1 : 3; $d$=40 мм; *3* — растворов 1 : 3; $d$=20 мм; *7* — растворов 1 : 1, $d$=20 мм; *4* — растворов 1 : 3; $d$=40 мм; *8* — растворов 1 : 1; $d$=40 мм

Величина сопротивления движению аэросмеси по трубопроводам $\Delta P_{см}$ (кгс/см² на 1 м длины) может быть определена по формулам: на горизонтальных участках

$$\Delta P_{см} = P_{ч.в}(1 + K\mu)\,10^{-4}; \qquad (59)$$

на вертикальных участках

$$\Delta P_{см} = [\Delta P_{ч.в}(1 + K\mu) + \gamma_{ср}\mu] \cdot 10^{-4}, \qquad (60)$$

где $\Delta P_{ч.в}$ — сопротивление чистого воздуха, кгс/м²;

$K$ — опытный безразмерный коэффициент, зависящий от состава и подвижности смеси, диаметра трубопровода и скорости транспортирования. Значения $K$ могут быть получены из графиков, приведенных на рис. 95;

$\gamma_{ср}$ — усредненная плотность воздуха на вертикальном участке трубопровода, кгс/м³.

11.23. Перед началом работы с установкой «пневмобетон» следует выполнить ряд подготовительных операций, а именно:

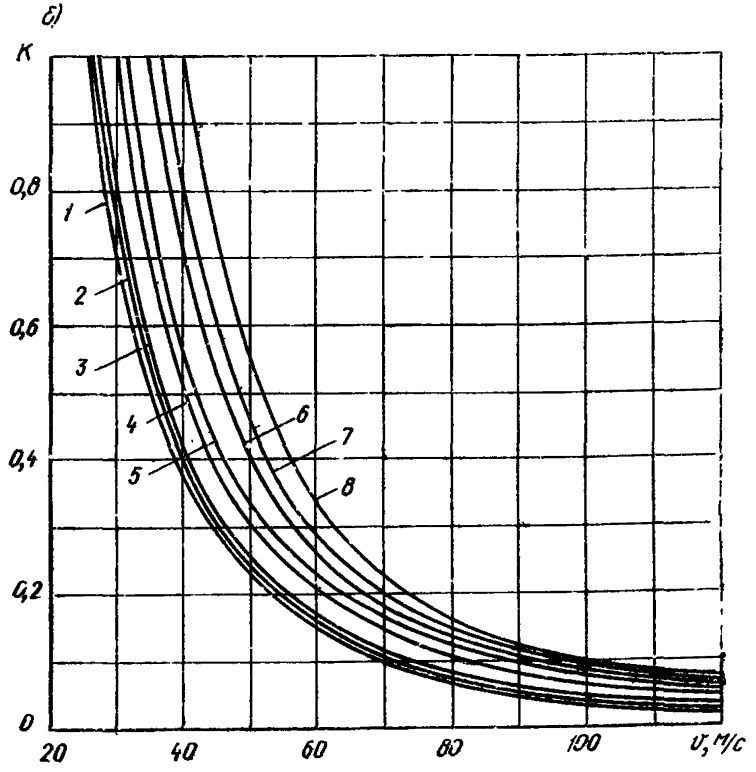


Таблица 44

**Коэффициент весовой концентрации μ**

| Состав смеси | Подвижность смеси, см | μ для трубопроводов с внутренними диаметрами, мм | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 32 | 38 | 50 |
| 1:1 | 10 | 1,6—9,1 | 1,3—6,9 | 1—4,4 |
| | 8 | 0,7—5,2 | 0,5—4,1 | 0,4—2,8 |
| | 6 | 0,3—3,1 | 0,2—2,5 | 0,2—1,5 |
| 1:2 | 10 | 1,9—12,4 | 1,5—8,9 | 1,1—5,5 |
| | 8 | 1,1—7,5 | 0,8—5,8 | 0,5—3,8 |
| | 6 | 0,5—4,3 | 0,36—3,4 | 0,3—2 |
| 1:3 | 10 | 2,4—12,2 | 1,6—9,2 | 1,1—6 |
| | 8 | 1,3—8,2 | 0,9—6,2 | 0,6—4 |
| | 6 | 0,5—4,6 | 0,4—3,7 | 0,3—2,2 |
| 1:4 | 10 | 2,8—14,2 | 1,8—10,5 | 1,1—6,7 |
| | 8 | 2,2—8,9 | 1,4—7,8 | 0,8—5 |
| | 6 | 1,2—5,1 | 0,8—5,3 | 0,5—3,4 |

Примечание. Бо́льшие значения μ в каждом интервале соответствуют максимально возможной весовой концентрации, при которой обеспечивается транспортабельность смеси в струе сжатого воздуха.

установить питатель с виброситом, растворомешалкой и компрессором как можно ближе к рабочему месту сопловщика с тем, чтобы обеспечить по возможности минимальную дальность транспортирования и визуальную связь между мотористами установки и сопловщиком; при расположении основных агрегатов установки необходимо обеспечивать свободный доступ к узлам питателя, оставляя вокруг него проходы шириной около 1 м. Рациональное расположение установки «пневмобетон» для каждого конкретного случая и условий строительства должно предусматриваться проектом производства работ;

обеспечить электроснабжение и водоснабжение установки;

проверить исправность всех агрегатов и узлов установки. Исправность узлов питателя и герметичность соединений транспортного трубопровода следует проверять путем пробного транспортирования в струе сжатого воздуха 20—40 л воды;

проверить исправность подъездных путей для подвоза смеси к установке.

**11.24.** Запуск установки надлежит выполнять в следующей последовательности:

загрузить в бункер питателя смесь подвижностью не менее 10—11 см и, не включая подачу сжатого воздуха, включить питатель на 3—4 хода плунжера;

остановить питатель, загрузить в бункер смесь рабочей подвижности и постепенно, не допуская резкого снижения давления, включить подачу сжатого воздуха в смесительную камеру питателя от компрессора, в котором давление доведено до наибольшего;

при снижении давления в воздухосборнике компрессора на 1 атм включить питатель установки.

**11.25.** В процессе работы с установкой «пневмобетон» следует руководствоваться следующими рекомендациями, касающимися технологии производства работ:

при необходимости получения в конструкции максимально обезвоженной смеси величину коэффициента весовой концентрации аэросмеси подлежит назначать равной половине максимальных значений, приведенных в табл. 44;

для качественного уплотнения смеси в конструкции, наибольшего ее обезвоживания, получения минимального отскока частиц и удобства производства работ следует в процессе работы держать сопло на расстоянии 75—80 см от бетонируемой поверхности;

нанесение смеси на торкретируемые поверхности следует производить послойно и равномерно. В процессе работы следует производить колебательные и кругообразные движения соплом;

для повышения однородности смеси на выходе из сопла рекомендуется применять завихритель (винтообразную лопасть) устанавливаемый в конце трубопровода;

регулирование производительности питателя в необходимых случаях может выполняться установкой в питатель корзинок всасывающего клапана, имеющих различную длину. При этом необходимо учитывать, что минимальная производительность питателей производительностью 2, 4 и 6 м$^3$/ч обеспечивается при длине хода шарового клапана 87 и 130 мм соответственно, а максимальная — при длине хода 67 и 108 мм.

**11.26.** Временное прекращение работы установки (до 1 ч) может быть произведено в любой момент, но при наличии в бункере питателя не менее 2—4 л смеси. Для остановки вначале выключают питатель, а через 15—20 с — компрессор. Перед вторичным запуском установки после непродолжительного перерыва (до 30 мин) необходимо только перемешать смесь в бункере, а при продолжительной остановке (до 1 ч) — добавить в смесь воды, довести ее до подвижности 10—11 см. После этого производится запуск установки.

**11.27.** Для прекращения работы установки необходимо выполнить следующее:

израсходовать всю смесь из бункера;

в процессе постепенного опорожнения из бункера необходимо производить промывку его стенок, с тем, чтобы частицы песка были удалены вместе с остатками смеси;

после полного опорожнения бункера от смеси в него необходимо залить 30—50 л воды и промыть ею питатель и транспортный трубопровод при включенном питателе и компрессоре. Промывку надлежит производить при сниженном давлении сжатого воздуха и закрепленном за неподвижный предмет сопле, направленном в безопасную зону;

по окончании промывки вначале остановить питатель, а через 1—2 мин компрессор;

вывести плунжер из насосной камеры и обесточить электрическую систему установки.

**11.28.** Устранение неисправностей в установке следует производить в соответствии с рекомендациями табл. 45.

**11.29.** Техническое обслуживание питателя компрессора и растворосмесителя надлежит производить в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Таблица 45

| Неисправность | Возможные причины | Способ устранения |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Питатель не забирает смесь из бункера при отключенной подаче сжатого воздуха | Отсутствует вода в насосной камере | Залить воду в насосную камеру при полностью выведенном из камеры плунжере |
| | Неплотно пригнаны шаровые клапаны к резиновым шайбам; погнуты или поломаны ограничительная скоба или палец клапана; недостаточен зазор для свободного перемещения шара в клапане; недостаточная плотность во фланцевых соединениях бункера и нагнетательного клапана; нарушена герметичность шаровых клапанов (шары наполняются водой или смесью); не выдержан порядок запуска питателя: в бункере питателя перед его включением загружена малоподвижная смесь вместо подвижной | Заменить шары или резиновые шайбы новыми; выправить или заменить скобу или палец; ударами молотка увеличить зазор между скобой (пальцем) и шаром; устранить неплотность; заменить шары на герметичные; увеличить подвижность смеси в бункере путем добавления в нее воды и перемешивания смеси |
| Питатель не забирает смесь из бункера при включенной подаче сжатого воздуха | Неисправлен нагнетательный клапан, вследствие чего сжатый воздух поступает в рабочую камеру | Исправить нагнетательный клапан |
| Снижается и прекращается засасывание смеси из бункера при включенной подаче сжатого воздуха | Утечка воды из насосной камеры | Проверить плотность фланцевого соединения в месте установки диафрагмы, сальникового уплотнения или предохранительного клапана насосной камеры. Устранить причину утечки воды |

*Продолжение табл. 45*

| Неисправность | Возможные причины | Способ устранения |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| В процессе работы установки повышается сверх допустимого давление в воздухосборнике компрессора | Засорился всасывающий клапан. Диафрагма потеряла эластичность | Очистить всасывающий клапан. Заменить диафрагму |
| | Наличие «пробки» из смеси в транспортном трубопроводе в месте: отслоения внутренней оболочки шланга, крутого перегиба или поворота материального шланга в сопле, в которое попал посторонний предмет | Остановить питатель и компрессор. Сбросить давление. Найти место образования «пробки» и устранить причину ее возникновения |
| Нагреваются подшипники питателя | Чрезмерная затяжка вкладышей, малый зазор для прохода смазки | Ослабить и отрегулировать натяжение подшипников |
| | Недостаточное количество смазки, некачественная смазка, засорение каналов, подводящих смазку | Ослабить и отрегулировать натяжение подшипников. Добавить или заменить смазку, промыть подшипники в керосине, прочистить каналы, подводящие смазку |
| Предохранительный клапан питателя, отрегулированный на максимальное давление, выбрасывает воду из насосной камеры | Заклинился нагнетательный клапан | Разобрать нагнетательный клапан и устранить причины его заклинивания |
| | Повреждена или ослаблена пружина предохранительного клапана. Неплотность соединения трубки клапана с его корпусом | Заменить пружину на новую<br>Заменить уплотнение |
| | Наличие посторонних предметов между шаром и гнездом клапана. Недостаточная плотность притирки шарового клапана к гнезду | Притереть клапан к его гнезду, удалить посторонние предметы, разобрать клапан, промыть детали водой |

*Продолжение табл. 45*

| Неисправность | Возможные причины | Способ устранения |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Проникание смеси в насосную камеру | Разрыв диафрагмы | Очистить насосную камеру от смеси и заменить диафрагму |
| Малая производительность питателя | Велика длина хода шара всасывающего клапана | Заменить ограничительную скобу всасывающего клапана на короткую |

# 12. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ РАБОТ

## Приготовление бетонной смеси

**12.1.** Территория бетонного завода и отдельной смесительной установки должна удовлетворять следующим требованиям по технике безопасности:

территория должна содержаться в чистоте, не иметь рытвин и ям. Проезды и проходы должны быть освещены в ночное время в соответствии с нормами «Указаний по проектированию электрического освещения строительных площадок» (СН 81-70), но не менее 2 лк в пределах квадрата площадью 4 м$^2$,

проходы должны быть ограждены от проездов;

проезды и проходы должны иметь твердые покрытия и водостоки.

**12.2.** Подмости и площадки для обслуживания бетоносмесителей, расположенные от уровня земли на 1 м и выше, а также рабочие лестницы и приямки ограждаются перилами высотой 1 м.

**12.3.** Для подъема обслуживающего персонала к механизмам смесительных установок устраиваются прочные, надежно закрепленные лестницы с врезными ступенями и перилами высотой 1 м. Эти лестницы не разрешается располагать рядом с направляющими скипового подъемника.

**12.4.** Ширина эстакады должна допускать свободный от оборудования и коммуникаций проход шириной не менее 0,8 м, огражденный с обеих сторон. При наклонных эстакадах по полу должны быть прибиты деревянные набойки.

**12.5.** Очистка и ремонтные работы на эстакаде должны производиться при прекращении движения транспортирующих устройств.

**12.6.** Наблюдение за состоянием и эксплуатацией осветительных установок возлагается на технически подготовленных лиц, выделенных для этой цели. К исправлению светильников и замене ламп допускаются только электромонтеры или лица, прошедшие специальное обучение.

**12.7.** Местное освещение в производственных помещениях и переносные ручные лампы оборудуются светильниками напряжением

от 12 до 36 В и обеспечиваются исправным шнуром и безопасным выключателем.

При пользовании переносными ручными лампами для освещения внутренних пространств смесителей, резервуаров и т. п., а также в сырых местах напряжение должно быть 12 В.

**12.8.** Закрытые помещения, в которых производятся работы с пылевидными вяжущими материалами (цемент, известь, гипс и др.), а также рабочие места у машин для дробления, размола и просеивания сырья и полуфабрикатов, должны быть обеспечены выполненной в соответствии с проектом вентиляцией или устройствами, предупреждающими распыление материалов.

**12.9.** Вентиляционные устройства должны содержаться в состоянии полной исправности и пригодности для эксплуатации, систематически подвергаться осмотру и чистке, а в случаях повреждения — немедленно ремонтироваться. Для наблюдения за правильной эксплуатацией вентиляционных установок должны быть выделены лица, технически подготовленные в этой области.

**12.10.** Без ведома и разрешения лица, ответственного за состояние вентиляционных установок, производить ремонт или вносить какие-либо изменения в систему (присоединять дополнительное оборудование, снимать или заменять отдельные элементы установок, например моторы, вентиляторы и др.) не разрешается.

**12.11** Для каждой вентиляционной системы должен быть заведен журнал эксплуатации. Журнал хранится у главного механика.

**12.12.** В помещениях, где в воздух выделяется пыль, должно производиться систематическое исследование воздушной среды в сроки, согласованные с органами санитарно-эпидемиологической службы, но не реже одного раза в месяц.

**12.13.** Очистка приямков для загрузочных ковшей смесительных машин допускается только после надежного закрепления ковша в поднятом положении.

Пребывание рабочих под поднятым и незакрепленным ковшом не допускается.

**12.14.** Очистка барабанов и корыт смесительных машин во время работы запрещается и допускается только после остановки и соблюдения требования, изложенного в п. 2.16.

**12.15.** Если бетонная смесь при выгрузке недостаточно быстро вытекает из барабана, то помогать на ходу какими-либо ручными приспособлениями (лопатами и др.) не разрешается.

**12.16.** Для предупреждения случайного включения бетоносмесителя во время чистки необходимо установить вилки разрыва на электрических цепях управления.

**12.17.** Запрещается касаться руками смесительного барабана во время его вращения.

**12.18.** Спуск рабочих для выполнения ремонтных работ в бункера и закрома, обогреваемые при помощи пара, допускается лишь после полного их охлаждения и при отсутствии в них материалов.

**12.19.** При применении острого пара для подогрева материалов, находящихся в бункерах и других емкостях, должны быть приняты меры против проникания пара в рабочие помещения. Во избежание ожогов паропровод, вентили и краны должны иметь теплоизоляцию.

**12.20.** Трубопроводы для пара или горячей воды во избежание возможных ожогов нужно располагать не ниже 2,5 м от уровня пола.

12.21. Вентили паропроводов следует располагать в местах с удобным подходом к ним для быстрого выключения пара. Подогревать воду острым паром следует в баках, снабженных крышками или переливными трубами.

12.22. При приготовлении смесей с химическими добавками должны соблюдаться меры предосторожности против ожогов, повреждения глаз и отравления.

12.23. Запрещается допуск к работе людей, не знакомых с условными обозначениями сигналов. Пользоваться окриком как разновидностью сигнала не допускается.

12.24. Пуск бетоносмесителей или их остановка без подачи предварительного сигнала не допускается, когда оборудование обслуживается двумя или более рабочими, бетоносмесителями и растворомешалки непосредственно связаны с рабочими местами других механизмов.

12.25. В помещении или непосредственно у рабочего места, которое предназначено для обслуживания бетоносмесителей, должны быть вывешены инструкции о порядке пуска и остановки двигателей и значение сигналов.

Выключатели сигнализации следует располагать непосредственно у рабочих мест.

12.26. Для обеспечения безопасности и необходимой последовательности при запуске и остановке бетоносмесителей, растворомешалок, а также другого оборудования, которые связаны между собой технологическим процессом, должны быть сигнальные устройства.

## Транспортирование бетонной смеси

12.27. Автомобили-самосвалы в обязательном порядке должны быть оборудованы страхующей упорной штангой, без установки которой нельзя работать под поднятым кузовом.

12.28. Подавать автомобили-самосвалы и автобетоновозы под погрузку бетонной смеси из бункера необходимо с таким расчетом, чтобы кабина не проходила под бункером.

12.29. Находиться в кузове самосвала при его загрузке бетонной смесью не допускается.

12.30. При разгрузке бетонной смеси из самосвала вдоль автомобиля надо оставлять проход для рабочих, очищающих поднятый кузов.

12.31. При разгрузке бетонной смеси из автосамосвала, автобетоновоза и автобетоносмесителя с бровки котлована машины не должны подъезжать ближе чем на 1 м к бровке.

12.32. Запрещается разгружать самосвал на ходу и двигаться с поднятым кузовом.

12.33. Эстакады и мосты для подачи бетонной смеси автосамосвалами, автобетоновозами и автобетоносмесителями должны быть оборудованы отбойными брусами, между отбойным брусом и ограждением предусматриваются проходы шириной не менее 0,6 м. Движение автомобилей по мостам и эстакадам допускается со скоростью не более 3 км/ч.

На тупиковых эстакадах укладывают поперечные отбойные брусы, рассчитанные на восприятие удара колес автомобилей.

12.34. При подаче бетонной смеси автосамосвалами с мостов и эстакад движение людей по ним не допускается.

**12.35.** Кузова автосамосвалов, перевозящих бетонную смесь, следует периодически очищать и промывать в специально отведенном и оборудованном для этого месте, но не реже чем через каждые 4 ч.

**12.36.** Разгружать самосвал с моста можно только тогда, когда в бетонируемом сооружении на месте выгрузки никого нет.

**12.37.** Бетонщики, принимающие бетонную смесь с мостов, должны находиться или за проезжей частью или за оградительными щитками и очищать кузова самосвалов лопатами с удлиненной рукояткой.

Ударять по днищу кузова снизу не разрешается.

## Укладка бетонной смеси

**12.38.** Перед укладкой бетонной смеси в конструкцию необходимо проверить надежность крепления и ограждения опалубки.

**12.39.** При подаче бетонной смеси к месту укладки при помощи кранов, бетононасосов, подъемников и других механизмов необходимо выполнять требования раздела 3 СНиП III-В.11-70 «Установка и эксплуатация строительных машин и механизмов».

**12.40.** При подъеме бетонной смеси краном или подъемником в бункерах или бадьях состояние тары следует проверять до начала работы. Тара для бетонной смеси (бадьи, бункера, ковши) должна быть снабжена специальными приспособлениями (замками), не допускающими случайной выгрузки смеси.

**12.41.** Расстояние от низа бадьи, бункера, ковша до поверхности, на которую производится выгрузка смеси, не должно превышать в момент выгрузки 1 м.

**12.42.** Такелажное оборудование кранов, подъемников и тары, предназначенное для подъема бетонной смеси, необходимо до начала работ испытать в соответствии с правилами Госгортехнадзора.

**12.43.** При транспортировании бетонной смеси ручными тележками на мелких работах катальные ходы следует систематически очищать от бетона и грязи. При прокладке катальных ходов на высоте более 1 м над землей или над опалубкой ширина настила должна быть не менее 1,2 м; ограждение настила — высотой 1 м с бортозой доской 15 см.

**12.44.** Тележки следует применять только на шарикоподшипниках, а вагонетки — опрокидные, что облегчает труд рабочего. Опрокидывание тележки и вагонетки с бетонной смесью производить только «от себя».

**12.45.** При подъеме бетонной смеси шахтными подъемниками машинист должен видеть места загрузки смесью внизу и разгрузки вверху. В противном случае следует установить сигнализацию.

**12.46.** Для электропроводки от транспортера до рубильника и на самом транспортере следует применять провода, заключенные в резиновые шланги, а раму транспортера надежно заземлять.

**12.47.** Очищать вручную работающий барабан, ролики и ленты транспортера от прилипших частиц бетона запрещается.

**12.48.** При работе с бетоноукладчиком нельзя стоять под стрелой.

**12.49.** Для нормальной эксплуатации бетоноукладчика при загруженной стреле скорость поворота стрелы должна быть не более 0,5 об/мин.

**12.50.** Зону действия приемного бункера бетоноукладчика следует считать зоной повышенной опасности, которая должна быть соответствующим образом обозначена и ограждена.

**12.51.** Перед работой с бетоноукладчиком необходимо проверить исправность установленного на машине автоматического электровыключателя. При отказе в работе этого аппарата могут произойти повреждения как самой электропроводки, так и поражение обслуживающего персонала током в случае короткого замыкания на корпус.

**12.52.** При подаче бетонной смеси бетононасосом необходимо:

до начала работы испытать бетоновод при гидравлическом давлении, в 1,5 раза превышающем рабочее;

место укладки бетонной смеси связать сигнализацией с местом установки бетононасоса;

вокруг бетононасоса оставить проходы шириной не менее 1 м;

у выходного отверстия бетоновода установить козырек-отражатель;

замковые соединения бетоновода перед подачей бетонной смеси очистить и плотно закрыть;

проталкивание бетонной смеси в горловине приемного бункера бетононасоса и снятие звеньев бетоновода производить только после остановки бетононасоса;

при очистке бетоновода сжатым воздухом у его выходного отверстия установить кроме козырька-отражателя деревянный щит, слегка наклоненный в сторону бетоновода, при этом все рабочие должны быть удалены от выходного отверстия бетоновода на расстояние не менее 10 м.

Давление сжатого воздуха не должно превышать 15 атм.

**12.53.** Воздух надлежит подавать с перерывами, постепенно понижая давление, при этом необходимо следить за показаниями манометра. Последние 2—3 звена следует очищать при давлении, близком к атмосферному.

**12.54.** Эстакады для укладки трубопроводов должны иметь свободный проход шириной не менее 0,8 м с деревянными набойками при наклонных эстакадах. Проход должен быть огражден перилами.

**12.55.** Эстакады и проходы к ним необходимо содержать в чистоте и своевременно очищать от материала, мусора, снега, льда и грязи.

**12.56.** Во избежание несчастных случаев при обслуживании бетононасоса приемный бункер, электродвигатели, механическое оборудование, электрокабели должны быть закрыты специальными щитами.

**12.57.** Регулирование механизмов и оборудования следует производить только после полной остановки.

**12.58.** При использовании виброхоботов, вибролотков и вибропитателей должна быть обеспечена безопасность работающих от поражения электротоком; электропровода от электродвигателей и вибраторов до рубильника заключаются в резиновые шланги.

**12.59.** При уклоне бетонируемой конструкции более 30° работы необходимо выполнять с применением предохранительных поясов. Места закрепления карабинов предохранительного пояса должны быть заранее указаны мастером или производителем работ.

**12.60.** Лотки, хоботы и виброхоботы для спуска бетонной смеси в конструкцию, а также загрузочные воронки должны быть прочно прикреплены к надежным опорам.

Для предупреждения падения бетонной смеси из загрузочной воронки на уровне верха воронки следует предусматривать настил или козырьки.

**12.61.** При подаче бетонной смеси по виброхоботам необходимо:

надежно присоединять звенья виброхоботов к страховому канату, а вибраторы к хоботу;

закреплять нижний конец хобота, систематически проверяя состояние закрепления;

надежно закреплять лебедки и тросы для оттяжки виброхобота;

подавать бетонную смесь в тот или иной виброхобот по указанию производителя работ или мастера при заранее обусловленной сигнализации;

запретить пребывание рабочих под виброхоботом в момент выгрузки из него бетонной смеси.

**12.62.** При уплотнении бетонной смеси электровибраторами следует соблюдать следующие правила:

не прижимать руками поверхностные вибраторы; ручное перемещение вибраторов во время виброуплотнения производить при помощи гибких тяг;

при перерывах в работе, а также при переходах бетонщиков с одного места на другое электровибраторы следует выключать;

во избежание обрыва провода и поражения вибраторщиков током не перетаскивать вибратор за шланговый провод и кабель;

после работы вибраторы и шланговые провода очистить от бетонной смеси и грязи, насухо протереть, провода сложить в бухты и сдать в кладовую;

не обмывать вибраторы водой;

через каждые 30—35 мин вибратор выключать на 5—7 мин для охлаждения;

при появлении каких-либо неисправностей в вибраторе работа должна быть прекращена;

во избежание возможного падения наружного вибратора при ослаблении тисков наружные электрические и пневматические вибраторы следует подвешивать на тросе или веревке;

при работе с вибраторами бетонщики должны быть в резиновых сапогах и перчатках;

при работе с пневматическим вибратором, исправлении прорыва или продувке шланга и других подобных работах бетонщик должен быть в очках.

**12.63.** Доступ людей в места возможного падения бетонной смеси во время бетонирования закрывается. При невозможности соблюдения этого требования устанавливаются защитные козырьки.

## Бетонные работы в зимних условиях

**12.64.** Температура наружного воздуха и сила ветра, при которых следует прекращать производство бетонных работ в зимних условиях на открытом воздухе или организовывать перерывы для обогревания рабочих, устанавливаются областными (краевыми, городскими) исполкомами Советов депутатов трудящихся.

**12.65.** При производстве работ на открытом воздухе при отрицательных температурах для обогрева рабочих необходимо устраивать теплые помещения.

**12.66.** При устройстве паропрогрева надо тщательно изолировать весь паропровод, вентили и краны во избежание ожогов.

**12.67.** Паровые «рубашки» не должны иметь щелей или отверстий, пропускающих пар, для чего следует обшить опалубку с внутренней стороны изоляционным рулонным материалом.

**12.68.** Давление пара для пропаривания железобетонных конструкций в месте выхода из паропровода не должно превышать 0,5 атм.

**12.69.** Ремонтировать паропровод допускается только при снятом давлении и отключении его от магистрали.

**12.70.** При электропрогреве бетона все электропровода и электрооборудование должны быть надежно ограждены, а корпуса электрооборудования заземлены. Монтаж и присоединение к сети электрооборудования, а также дежурство могут выполнять только электромонтеры, имеющие квалификацию не ниже III группы.

Работающих вблизи прогреваемых участков необходимо предупредить об опасности поражения электрическим током и дополнительно подробно проинструктировать.

**12.71.** В зоне электропрогрева применяются кабели типа КРПТ или изолированные провода типа ПРГ-500 (с дополнительной защитой проводов резиновым шлангом). Запрещается прокладывать провода непосредственно по грунту или слою опилок.

**12.72.** При электропрогреве бетонных и железобетонных конструкций следует применять напряжение 127 В.

Использование сетевого напряжения 220 В допускается для прогрева неармированного бетона, а также отдельно стоящих железобетонных конструкций, не связанных общим армированием с соседними участками, на которых в это время производятся работы. При прогреве бетона внешними электронагревателями (при условии невозможности замыкания на арматуру) допускается использовать при электропрогреве напряжение выше 380 В.

При электропрогреве бетона и железобетона зона электропрогрева должна иметь надежное ограждение, установленное на расстоянии не менее 3 м от прогреваемого участка, систему блокировок, световую сигнализацию, предупредительные плакаты. Обслуживающий персонал должен быть дополнительно проинструктирован.

Нейтраль трансформатора, обслуживающего силовую сеть, должна быть заземлена.

В пределах зоны электропрогрева необходимо устанавливать сигнальные лампы, загорающиеся при подаче напряжения на линию. Сигнальные лампы должны подключаться таким образом, чтобы при их перегорании происходило автоматическое отключение подачи напряжения на линию.

**12.73.** На участках электропрогрева и местах установки оборудования для электропрогрева должны быть вывешены предупредительные плакаты и надпись: «ОПАСНО», «ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ» и т. п., а также правила оказания первой помощи при поражении током.

**12.74.** В сырую погоду и во время оттепели все виды электропрогрева на открытом воздухе должны быть прекращены.

**12.75.** На участках, находящихся под напряжением не более 60 В, допускается выполнять электромонтажные работы специальным монтерским инструментом без снятия напряжения с применением диэлектрических перчаток и галош.

**12.76.** Поливка водой бетона, выдерживаемого под электропрогревом, допускается только после снятия напряжения.

**12.77.** Открытая, не забетонированная арматура железобетонных конструкций, связанная с участком, находящимся под электропрогревом, подлежит заземлению

**12.78.** Перед включением напряжения и после каждого перемещения электрооборудования на новое место следует проверять состояние изоляции проводов, защитных средств, ограждений и заземления электрооборудования.

**12.79.** Применяемые при электропрогреве распределительные щиты и прочее электрооборудование должны быть ограждены. Рубильники и предохранители монтируются в специальных ящиках (шкафах) с запирающимися дверцами.

**12.80.** Исправность электрооборудования и изоляции проводов для электропрогрева следует проверять ежедневно, а также при каждой перестановке оборудования и перекладке проводов.

**12.81.** При зимнем бетонировании применяется термоопалубка, наружные поверхности которой из-за наличия влаги имеют повышенную токопроводимость и могут оказаться под напряжением и вызвать электротравму. Во избежание несчастных случаев необходимо оградить доступ людей при подаче электротока к опалубкам и термоопалубке.

**12.82.** Работы, связанные с электропрогревом, должны выполняться с соблюдением требований электробезопасности при организации строительной площадки.

**12.83.** При зимнем производстве бетонных работ широко применяются химические вещества — ускорители процесса схватывания и твердения бетона — хлористый кальций, хлористая известь и другие химикаты.

Хлористый кальций весьма опасен для кожи лица и рук, а сама хлорная известь и ее растворы могут выделять газообразный хлор, так как являются сильными окислителями.

К работам по приготовлению и применению хлорированных растворов могут допускаться только рабочие, прошедшие медицинское освидетельствование.

**12.84.** Рабочим до 18 лет производить работы с химическими веществами запрещается.

**12.85.** Хлористый кальций применяется только в виде хлорной воды, которую нужно брать черпаками на длинных рукоятках.

**12.86.** Всех работающих с хлорированными растворами как во время приготовления их, так и применения необходимо снабжать спецодеждой и средствами индивидуальной защиты (очки, противогаз или распиратор и рукавицы).

**12.87.** Помещения, в которых производится приготовление хлорированной воды, должны быть: высотой не менее 3,25 м, а объемом 40 м$^3$ на одного работающего.

**12.88.** Выполнение работ с хлорной известью, хлорированными растворами и другими химическими веществами необходимо производить только под непосредственным наблюдением технического персонала.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА СКЛАДЕ ЦЕМЕНТА МАЛОЙ ЕМКОСТИ

Минским отделением Промтрансниипроекта разработаны рабочие чертежи механизации склада цемента с грузооборотом 1,5 тыс т в год *. Склад представляет собой крытое помещение площадью около 90 кв м с рампой для приема цемента с железной дороги.

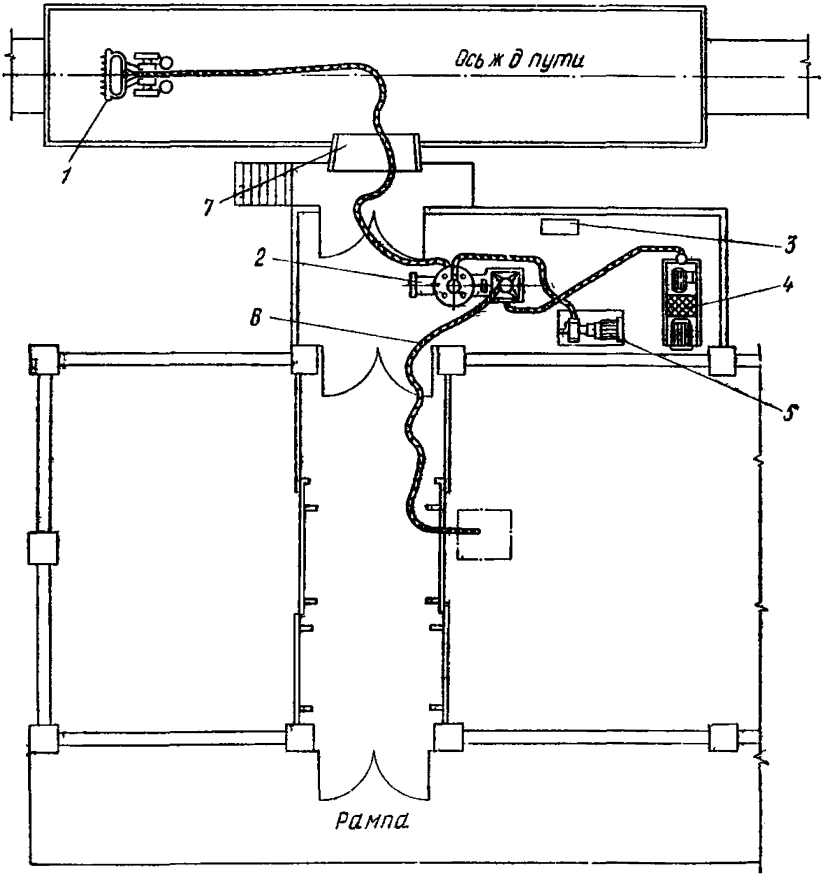



**Рис. 96. Схема выгрузки цемента из крытого вагона в склад**

*1—6* комплект пневморазгрузчика: *1* — заборное устройство, *2* — осадительная камера, *3* — электрооборудование; *4* — компрессор; *5* — воздуходувка; *6* — цементопроводы; *7* — переносной трап

* Техническая документация высылается по запросу организаций. Обращаться по адресу: 220030, Минск, пл. Свободы, 17, Минское отделение Промтрансниипроекта.

В проекте механизации предложена установка на базе пневматического разгрузчика цемента всасывающе-нагнетательного действия ТА-26 производительностью 20 т/ч, выпускаемого Ленинградским заводом строительных машин. При необходимости увеличения производительности склада по приему и выдаче цемента может быть применен пневмопогрузчик ТА-27 производительностью 50 т/ч.

Схема выгрузки цемента из крытого вагона показана на рис. 96. Для разгрузки специализированных вагонов-цементовозов бункерного типа (хопперов) проектом предусмотрено устройство траншеи-

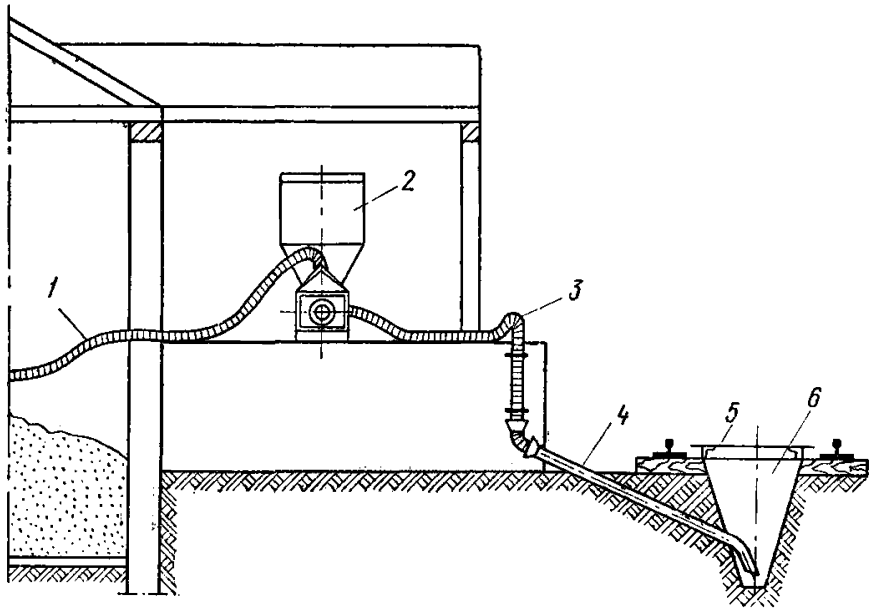



**Рис. 97. Перекачивание цемента из траншеи (после выгрузки из хопперов)**

*1* — напорный цементопровод; *2* — пневмонасос с осадительной камерой; *3* — всасывающий цементопровод; *4* — труба для отсасывания цемента; *5* — настил над траншеей; *6* — приемная траншея

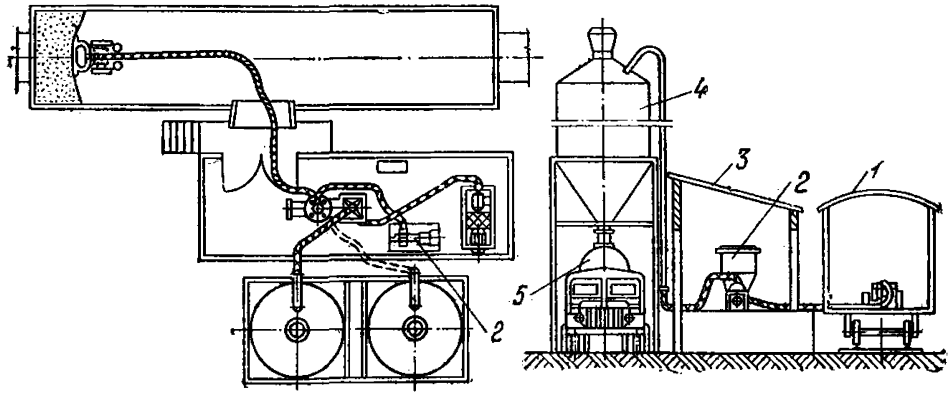



**Рис. 98. Схема механизации силосного склада**

*1* — вагон; *2* — пневмопогрузчик; *3* — навес; *4* — силос; *5* — автоцементовоз

бункера, располагаемого под путями с заглублением 1,2 м. Схема выгрузки показана на рис. 97.

Пневмопогрузчики ТА-26 и ТА-27 могут использоваться и при механизации силосных складов цемента. Схема такого устройства показана на рис. 98.

При наличии на строительстве самозагружающегося и саморазгружающегося автоцементовоза с автономным компрессором-вакуум-насосом он может загружаться непосредственно из обычного вагона или промежуточного закромного склада. Разгружаться такой цементовоз может в закомарный или силосный склад, а также в расходный бункер бетоносмесительной установки.

Экономический эффект от внедрения предложенного способа механизации составляет 12,8 тыс. р. в год за счет сокращения трудовых затрат, сокращения простоев вагонов и исключения потерь цемента, неизбежных при производстве погрузочно-разгрузочных работ вручную.

*ПРИЛОЖЕНИЕ II*

## СПОСОБ ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА

Известна математическая зависимость цементно-водного фактора $Ц/В$ от соотношения активности цемента и прочности бетона в 28-дневном возрасте $R_ц/R_б$

$$Ц/В = \frac{1 + 0{,}18\, R_ц/R_б}{0{,}45\, R_ц/R_б}, \qquad (1)$$

где $R_ц$ — марка или активность цемента;

$R_б$ — заданная марка бетона в возрасте 28 дней или прочность на сжатие в кубиках размерами 20×20×20 см.

Зависимость (1) может быть преобразована, прочность бетона на сжатие $R_б$ может быть найдена как функция $Ц/В$

$$R_б = 0{,}45\, R_ц \left(\frac{Ц}{В} - 0{,}4\right). \qquad (2)$$

Как видно, $R_б$ является линейной функцией цементно-водного фактора $\frac{Ц}{В}$.

Этой зависимостью и можно воспользоваться для подбора состава бетона требуемой прочности (марки) на цементе неизвестной активности, поступившем на строительство и на имеющихся заполнителях, без потери времени на определение активности цемента.

Для экспериментального построения такой прямой в координатной системе $R_б — Ц/В$ достаточно только две точки. Но для достоверности примем дополнительную третью точку, через которую также должна пройти прямая $R_б = f(Ц/В)$.

Для этого нужно изготовить три серии бетонных кубиков из тех материалов, которые будут применены в бетоне. Каждая серия дол-

Таблица 1

**Количество материалов для опытных замесов**

| Ц/В | В/Ц | Расход материалов на замес, кг | | | | Масса сухих материалов, кг | Массса замеса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ц | П | Щ | В | | |
| 1,43 | 0,7 | 2,30 | 6,10 | 9,20 | 1,6 | 17,6 | 19,2 |
| 2,0 | 0,5 | 3,40 | 5,30 | 8,80 | 1,7 | 17,5 | 19,2 |
| 2,8 | 0,36 | 5,05 | 4,50 | 7,85 | 1,8 | 17,4 | 19,2 |

жна состоять из 6 кубиков-близнецов. Серии друг от друга будут отличаться принятым для бетона значением $Ц/В$.

Для упрощения задачи в табл. 1 даны количества материалов на замес каждой серии. Высушив имеющийся на строительстве песок и крупный заполнитель, просеяв (для удаления комков) через сито со стороной отверстия 0,315 мм цемент, отвешивают материалы для каждой серии, доливают воду и, перемешивая до полной однородности, получают бетонную смесь, которой и заполняют формы для кубиков с ребром 10 см.

Если по каким-либо причинам окажется нужным готовить кубики с ребром 15 см или стандартные (ребро 20 см), указанное в табл. 1 количество каждого материала нужно будет умножить соответственно на 3,4 или 8.

Приводимые в табл. 1 количества материалов рассчитаны так, чтобы получить для каждой серии подвижную смесь.

Подвижность смеси в разных сериях может оказаться различной, что для построения зависимости $R_6 = f(Ц/В)$ практически не играет роли, так как в широких границах подвижности и жесткости смеси, но при одном и том же значении $Ц/В$ прочность бетона одна и та же.

Если какая-либо из трех смесей окажется жесткой (что маловероятно!), она тоже будет годна для изготовления образцов; придется только тщательно уплотнить смесь в формах.

По затворении каждой смеси измеряют и записывают подвижность по осадке конуса или жесткость ее по техническому вискозиметру. Определяют для уплотненного состояния ее объемную массу $\gamma' \left(\frac{кг}{л}\right)$. подсчитывают объем изготовленной смеси, расходы цемента $Ц_1$, песка $П_1$, крупного заполнителя $Щ_1$ и воды $В_1$ по формулам:

$$V = \frac{19{,}2}{\gamma^1} \tag{3}$$

$$Ц_1 = \frac{1000\,Ц}{V}; \tag{4}$$

$$П_1 = \frac{1000\,П}{V}; \tag{5}$$

$$Щ_1 = \frac{1000\,Щ}{V}; \tag{6}$$

Таблица 2

**Значения поправочного коэффициента**

| Число образцов в серии | $K$ | Число образцов в серии | $K$ | Число образцов в серии | $K$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,89 | 5 | 0,43 | 8 | 0,35 |
| 3 | 0,59 | 6 | 0,39 | 9 | 0,34 |
| 4 | 0,49 | 7 | 0,37 | 10 | 0,34 |

$$B_1 = \frac{1000\,B}{V}. \qquad (7)$$

Величины $Ц$, $П$, $Щ$ и $В$ приведены в табл. 1.

Вычисленная объемная масса $\gamma'$, объем приготовленной смеси $V$ и расход материалов на 1 куб. м бетона являются его обязательными характеристиками, дающими представление об этом бетоне.

Отформованные из каждой смеси кубики сутки хранятся в формах, затем освобождаются от форм и размещаются для хранения в камере стандартных условий.

Испытание кубиков для построения функции $R_б = f\left(\frac{Ц}{В}\right)$ можно произвести в один из следующих сроков: через 2, 7, 14 и 28 сут.

Выбор срока испытания зависит от возможностей строительства, его потребности в сроках назначения состава бетона.

Если сроки позволяют, более поздние результаты испытания окажутся более точными. Однако можно испытать кубики (3 шт. из шести) в возрасте двух дней, остальные три — в возрасте 28 дней.

По результатам испытания трех кубиков выводят среднюю прочность, руководствуясь указанием п. 2.7 ГОСТ 10180—67 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности», затем приводят среднюю прочность к прочности кубика с ребрами 20 см (п. 2.4 ГОСТ 10180—67) и наконец подсчитывают изменчивость $C_V$ для результатов испытания в серии (каждой в отдельности!) по формуле

$$C_V = \frac{R_{макс} - R_{мин}}{\bar{R}} K, \qquad (8)$$

где $R_{макс}$ — наибольшая прочность кубика в серии;

$R_{мин}$ — то же, наименьшая;

$\bar{R}$ — то же, средняя;

$K$ — коэффициент, принимаемый по табл. 2.

Величина изменчивости $C_V$ не должна превосходить 6%. Если $C_V > 6\%$, опыты должны быть повторены.

Пример. Кубики с ребром 10 см при испытании на сжатие в возрасте двух суток при нормальном хранении показали:

$Ц/В = 1{,}43$; 45; 49; 47 кгс/см$^2$ $\bar{R} = 47$ кгс/см$^2$;

$Ц/В = 2{,}00$; 92; 95; 96 кгс/см$^2$ $\bar{R} = 94$ кгс/см$^2$;

$Ц/В = 2{,}80$; 162; 170; 165 кгс/см$^2$ $R = 166$ кгс/см$^2$.

Проверяем изменчивость $C_V$ в каждой серии:

$$C_{V1} = \frac{49 - 45}{47} 0{,}59 \cdot 100 = 5\ \%;$$

$$C_{V2} = \frac{96 - 92}{94} 0{,}59 \cdot 100 = 2{,}5\ \%;$$

$$C_{V3} = \frac{170 - 162}{166} 0{,}59 \cdot 100\ \% = 3\ \%.$$

Величины $C_V$ позволяют считать опыт правильным. Приводим средние прочности кубиков с ребром 10 см к прочности стандартных кубиков с ребром 20 см, умножая прочность меньших на 0,85. Тогда:

$$\overline{R}_{ст} = 47 \cdot 0{,}85 = 40\ кгс/см^2;$$

$$\overline{R}_{ст} = 94 \cdot 0{,}85 = 0\ кгс/см^2;$$

$$\overline{R}_{ст} = 166 \cdot 0{,}85 = 140\ кгс/см^2.$$

На рис. 99 показана функция $R_2 = f(Ц/В)$. Прямая практически прошла через все три точки и, следовательно, функция достоверна (небольшие отклонения от прямой, которую можно, пользуясь точками, провести, допускаются в пределах до $\pm 8\%$).

Двухдневная прочность, а также 7- и 14-дневная позволяют построить функцию $R_{28} = f(Ц/В)$, так как статистически установлены величины процентов, которые могут составлять двухдневная, семидневная, четырнадцатидневная прочности от $R_{28}$ при нормальном хранении. Эти проценты прочности, а также статистические характеристики приводятся в табл. 3.

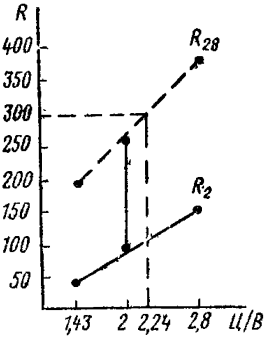



Рис. 99. График функции $R = f\left(\frac{Ц}{В}\right)$

Пользуясь данными табл. 3, вычислим предполагаемую прочность бетона в 28 дней, принимая, что удельная поверхность цемента не превышает 2500 см²/г. Прочность окажется равной:

при $Ц/В = 1{,}43$; $\frac{40 \cdot 100}{20} = 200\ кгс/см^2$;

$Ц/В = 2$; $\frac{80 \cdot 100}{31} = 260\ кгс/см^2$;

$Ц/В = 2{,}8$; $\frac{140 \cdot 100}{37} = 375\ кгс/см^2$.

По вычисленным значениям $R_{28}$ строим (рис. 99) график функции $R_{28} = f(Ц/В)$, из которого по заданной прочности бетона найдем значение $Ц/В$, определяющее собою требуемое качество цементного теста для бетона, например, прочностью $R_{28} = 300$ кгс/см².

Таблица 3

Значения прочности бетона в разных возрастах, % $R_{28}$

| Ц/В | $R_2$ | | | $R_7$ | | | $R_{14}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{R}$ | $S$ | $C_v$ | $R$ | $S$ | $C_v$ | $R$ | $S$ | $C_v$ |
| 1,43 | 47 / 20 | 9,2 / 7,8 | 19,5 / 39 | 73 / 62 | 9 / 9,8 | 12 / 15,8 | 89 / 83 | 7,6 / 7,5 | 8 / 9 |
| 2 | 56 / 31 | 8,4 / 8,5 | 15 / 27 | 84 / 71 | 8,6 / 7,7 | 10,2 / 10,9 | 94 / 84 | 7,8 / 6 | 8,3 / 7,1 |
| 2,8 | 68 / 37 | 10,5 / 8 | 15,4 / 21,8 | 86 / 77 | 8,5 / 8 | 9,8 / 10,3 | 9,4 / 88 | 5,4 / 7 | 5,7 / 8 |

Примечание. Цифра над чертой относится к цементу с удельной поверхностью более 3500 см²/г, под чертой — к цементу с удельной поверхностью 2500 см²/г и менее

$S$ — стандарт или среднеквадратическое отклонение, которое было вычислено для определения изменчивости $C_v$.

Для этого через точку нужной прочности на оси ординат (в нашем примере 300 кгс/см²) проведем прямую параллельно оси *Ц/В* до пересечения с прямой $R_{28}=f(Ц/В)$.

Из точки пересечения опустим на ось *Ц/В* перпендикуляр, который в пересечении с осью *Ц/В* даст нам искомое значение: $Ц/В=2{,}24$ или $В/Ц=0{,}45$.

В дальнейшем уточнение состава по подвижности бетонной смеси выполняется так, как указано в гл. 2.

Если консистенция смеси окажется недостаточной, необходимо добавить цемент и воду в заданном соотношении до получения требуемой консистенции. При излишней подвижности необходимо уменьшить количество цемента и воды. Прочность бетона на сжатие в проверке не нуждается, так как график функции $R_6=f(Ц/В)$ построен по результатам испытания образцов бетона, приготовленного на конкретных материалах. Окончательный же расход материалов на 1 куб. м бетона при производственной проверке необходимо будет уточнить.

К описанному приему назначения качества цементного теста надо привести несколько существенных замечаний.

Иногда наблюдается, что точки, по которым должна быть построена функция $R=f(Ц/В)$, не позволяют провести прямую и приходится проводить ломаную. В таком случае опыт необходимо провести повторно, следя за уплотнением смесей, особенно тех, у которых $Ц/В>2$. Если в этом случае точки прочности не позволяют провести прямую, а вершина угла перелома будет направлена в сторону возрастающих значений ординат, то возникновение перелома следует объяснить недостатком крупного заполнителя или его низкой прочностью, или его недостаточным сцеплением с раствором, либо всеми этими причинами, влияющими совместно.

В таком случае для бетонов высоких марок придется либо затребовать лучший крупный заполнитель, либо пойти на перерасход це-

мента в бетоне, что всегда нежелательно как по экономическим, так и по техническим причинам.

Если при изготовлении бетонной смеси в нее вводят какой-либо ускоритель твердения, образцы бетона, по которым устанавливается зависимость прочности ($Ц/В$), должны готовиться без этого ускорителя, так как он повышает темп твердения в первые дни и на дальнейший ход твердения не оказывает влияния, а двадцативосьмидневная прочность бетона как с ускорителем, так и без него в бетоне данного состава практически одна и та же.

Если при изготовлении бетонной смеси в нее вводят какую-либо пластифицирующую добавку типа СДБ (ССБ), тормозящую в первые дни твердение, то образцы бетона, по которым устанавливается показатель прочности ($Ц/В$), должны готовиться без пластифицирующей добавки, так как замедление темпа твердения скажется только в первые дни, к 28 дням прочность бетона с добавкой пластификатора не будет сколько-нибудь существенно отличаться от прочности бетона того же состава, но без добавки пластификатора.

В условиях производства работ неизбежны (например, зимой) иные условия твердения бетона, чем это принято нами для образцов, по которым из опыта строят функцию $R=f(Ц/В)$ и устанавливают качество цементного теста ($Ц/В$) для бетона заданной марки. Тем не менее прием, описанный нами для этой цели, не должен зависеть от многообразных влияющих на твердение бетона факторов.

При выполнении технических условий обеспечивается процесс твердения бетона без деструктивных изменений, снижающих его прочность.

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА

Таблица 1

**Типы и характеристики бетонных заводов и оборудования для них**

| Наименование | Модель бетоносмесительных установок | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-25 (С-632) | СБ-61 (С-946) | СБ-51 (С-932) | СБ-70 | СБ-37 (С-780) |
| Производительность, $м^3/ч$ | До 5 | 5/6 | 6 | 15 | 30 |
| Количество фракций заполнителей: | | | | | |
| песка | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| щебня | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| Максимальная крупность заполнителя, мм | 40 | 40 | 70 | 70 | 40 |
| Дозаторы: | | | | | |
| песка | Ленточный питатель | Ленточный питатель | Транспортер-дозатор | С 15-26 (С-633) | СБ-26 (С-633) |
| щебня | То же | То же | То же | То же | То же (С-804) |
| цемента | Шнековый питатель | Шнековый питатель | | СБ-71 | СБ-59 |
| воды | Насос | Насос | | С-750 | С-750 |
| Погрешность дозирования, %: | | | | | |
| песка | ±3 | ±3 | ±3 | ±2 | ±2 |
| щебня | ±3 | ±3 | ±3 | ±2 | ±2 |
| цемента | ±2 | ±2 | ±2 | ±1 | ±2 |
| воды | ±2 | ±2 | ±1 | ±1 | ±1 |
| Смеситель | С-632 | С-632 | СБ-80 | С-548-Р | С-543 |
| Емкость склада: | | | | | |
| заполнителей, $м^3$ | — | — | 100—150 | 200 | — |
| цемента, т | 6 | 6 | 4 | 12 | — |
| Емкость расходных бункеров, $м^3$: | | | | | |
| песка | 1,5 | 1,50 | — | — | — |
| щебня | 2,66 | 2,66 | — | — | 6 |
| цемента | 1,28 | 1,28 | — | — | 4,5 |
| воды | — | — | — | — | 4 |
| Вертикальный винтовой конвейер для подачи цемента, т/ч | 5 | 5 | — | — | — |
| Конвейер ленточный передвижной | — | ТК-11(С-1002) | — | — | — |
| Емкость для приготовления известкового раствора, $м^3$ | — | 2 | — | — | — |
| Бак известкового молока, $м^3$ | — | 3 | — | — | — |
| Установка для подачи раствора СО-50 (С-586), $м^3/ч$ | — | 6 | — | — | — |

*Продолжение прил. III*

| Наименование | Модель бетоносмесительных установок | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-25 (С-632) | СБ-61 (С-946) | СБ-51 (С-932) | СБ-70 | СБ-37 (С-780) |
| Скреперная двухбарабанная лебедка склада заполнителей | — | — | 10 ЛС-2С | — | — |
| Сборный ленточный конвейер, т/ч | — | — | — | 70 | — |
| Элеватор ленточный для заполнителей, т/ч | — | — | — | — | — |
| Общая мощность электродвигателей, кВт | 8,8 | 31,7 | 19,6 | 29,5 | 35,2 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | |
| длина | 64,00 | — | 20 845 | 16 400 | 30 140 |
| ширина | 5000 | — | 16 760 | 6170 | 6000 |
| высота | 4600 | — | 5300 | 10 850 | 8400 |
| Масса, кг | 5750 | 12 000 | 9585 | 16 000 | 23 000 |
| Завод-изготовитель | Тюменский завод строит. машин | | Новосибирский завод строит. машин | Тюменский завод строит. машин | Славянский завод строит. машин |

*Продолжение прил. III*

| Наименование | Модель бетоносмесительных установок | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-75 | СБ-78 | СБ-6 (С-283Б) | СБ-4 (С-243-16) | 4-09-63-63 |
| Производительность, $м^3/ч$ | 30 | 60 | 15 | 35 | 102 |
| Количество фракций заполнителей: | | | | | |
| песка | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| щебня | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| Максимальная крупность заполнителя, мм | 40 | 70 | 80 | 150 | 150 |
| Дозаторы: | | | | | |
| песка | СБ-26 (С-633) | СБ-42 (С-864) | АВДИ-425Д | АВДИ-1200Д | АВДИ-2400Д |
| щебня | То же | То же | АВДИ-425Д | АВДИ-1200Д | АВДИ-2400Д |
| цемента | СБ-71 | СБ-71 | АВДЦ-425Д | АВДЦ-1200Д | АВДЦ-2400Д |
| воды | СБ-750 | С-763 | АВДЖ-425/1200Д | АВДЖ-425/1200Д | АВДЖ-2400Д |

*Продолжение прил. III*

| Наименование | Модель бетоносмесительных установок | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-75 | СБ-78 | СБ-6 (С-283Б) | СБ-4 (С-243-16) | 4-06-63-63 |
| Погрешность дозирования, %: | | | | | |
| песка | ±2 | ±2 | ±3 | ±3 | ±3 |
| щебня | ±2 | ±2 | ±3 | ±3 | ±3 |
| цемента | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 |
| воды | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 |
| Смеситель | С-543 | С-473А | С-333П | СБ-11 С-302И | С-230 *А* |
| Емкость склада: | | | | | |
| заполнителей, м³ | — | — | 1550 | 3100 | — |
| цемента, т | — | — | 360(240) | 360(240) | — |
| Емкость расходных бункеров, м³: | | | | | |
| песка | — | — | — | — | — |
| щебня | 34 | 34 | — | — | 320 |
| цемента | 12 | 12 | — | — | 80 |
| воды | 2500 | 2500 | — | — | — |

*Продолжение прил. III*

| Наименование | Модель бетоносмесительных установок | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-75 | СБ-78 | СБ-6 (С-283Б) | СБ-4 (С-243-16) | 4-09-63-63 |
| Сборный ленточный конвейер, т/ч | — | — | — | — | 96 м |
| Элеватор ленточный для заполнителей, т/ч | — | — | 24 | 24 | — |
| Общая мощность электродвигателей, кВт | 37,7 | 58,3 | 78,4 | 83,3 | |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | |
| длина | 36 600 | 36 600 | 20 700 | 24 700 | 116 500 |
| ширина | 3250 | 3250 | 9420 | 9420 | 17 000 |
| высота | 12 520 | 12 520 | 21 600 | 27 000 | 33 300 |
| Масса, кг | 28 500 | 33 000 | 18 500 | 21 500 | 111 600 |
| Завод-изготовитель | Славянский завод строит. машин | | Тюменский завод строит. машин | Славянский завод строит. машин | |

Таблица 2

**Блочные бетонные заводы**

| Наименование | Б.З. 2×500 проект Одесского филиала ин-та ОЭС | Б-растворн. з-д САРБЗ-20-60 «Оргтехстрой», Минск | Б.З. Проект Ленинградского филиала ин-та ОЭС | БСУ произв. 60 м³/ч. Проект ин-та ОЭС, Москва |
|---|---|---|---|---|
| Производительность, м³/ч | 15 | 15 | 38,4/10 | 60 |
| Количество фракций заполнителя: | 4 | 4 | 6 | 5 |
| песка | 2 | 1 | 2 | 2 |
| щебня | 2 | 3 | 4 | 3 |
| Максимальная крупность заполнителя | 40 | 70 | 120 | 80 |
| Дозаторы: | | | | |
| песка | АВДИ-425 | АГДИ-100 | Конструкция Ленинградского филиала ин-та ОЭС | АВГДИ-4000 |
| щебня | АВДИ-425 | АГДИ-100 | | АВГДИ-4000 |
| цемента | АВДЦ-425М | АГДС-85 | | То же |
| воды | АВДЖ-425/200М | АГДВ-100 | АВДЖ-425/1200 | АВГДЖ-300/130 |
| Погрешность дозирования, %: | | | | |
| песка | ±3 | | | ±2 |
| щебня | ±3 | | | ±2 |
| цемента | ±1 | | | ±1 |
| воды | ±1 | | | ±1 |
| Смеситель | С-333 П | С-333П; С-289Б | С-302, СБ-81 | С-302 |
| Емкость склада: | | | | |
| заполнителя, м³ | — | — | — | — |
| цемента, т | — | — | — | — |
| Емкость расходных бункеров, м³: | | | | |
| песка | 40 м² | 510 м³ | 50 | |
| щебня | | | 100 | |
| цемента | 8 м³ | 105 т | 24+12* | 30 м³ |
| воды | | | | |
| Ленточный конвейер | | 4 | 4 (один реверс) | 1 |
| Питатель песка (щебня) | 1 | М-15 | — | — |
| | | 12 | | |
| Питатель цемента | — | ОПЦ-2 МА | — | — |
| | | 3 | | |
| Распределительная тележка | — | — | 1 | — |
| Приводная поворотная воронка | — | — | — | 1 |
| Бак известкового молока, емк. 4 м³ (добавок), шт. | — | 3 | — | 1 |
| Фильтр С-615 | 2 | 3 | — | 2 |
| Гидропривод | — | — | — | 1 |
| Скиповый подъемник | 1 | — | — | — |
| Габаритные размеры, м: | | | | |
| длина | 11,8 | 71,1 | 15,3 | 6 |
| ширина | 6 | 4,2 | 14,6 | 8,4 |
| высота | 12,92 | 14,59 | 14,7 | 14,3 |
| Масса металлоконструкций, т | 75 | 106,3 | | 64 |



* 1 бункер емкостью 12 м³ — зола.

Таблица 3

**Техническая характеристика дозаторов цикличного действия АВД**

| Показатели | Дозаторы | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-102 | АВДЦ-425Д | АВДЦ-1200Д | АВДЦ-2400 | АВДИ-425Д | АВДИ-1200Д | АВДИ-2400Д | АВДЖ-1200Д | АВДЖ-2400 |
| Взвешиваемый материал | | Цемент | | | Заполнители | | | Жидкости | |
| Наибольшая нагрузка, Кн | 60* | 15 | 30 | 70 | 60 | 120 | 130 | 20 | 50 |
| Наименьшая нагрузка, Кн | 10 | 3 | 10 | 30 | 8 | 20 | 25 | 1 | 5 |
| Погрешность дозирования, % | ±1 | ±2 | ±2 | ±2 | ±3 | ±3 | ±2 | ±2 | ±2 |
| Наибольшая продолжительность цикла взвешивания | 35 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Тип питателя | Двухбарабанный | Аэропитатель | | | | | | | |
| Количество питателей | 1 | 2 | 2 | 2 | — | — | — | — | — |
| Напряжение сети питания электрооборудования, В | 220/380 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 |
| Давление воздуха в воздушной сети, МПа | — | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | | | |
| длина | 2160 | 1706 | 1706 | — | 2060 | 2060 | 1555 | 1290 | 1560 |
| ширина | 1000 | 960 | 960 | — | 1175 | 1175 | 1130 | 960 | 1100 |
| высота | 1500 | 1680 | 2095 | — | 1910 | 2660 | 2660 | 1945 | 2600 |
| Масса, кг | 940 | 495 | 520 | — | 570 | 600 | 586 | 241 | 479 |
| Завод-изготовитель | Киевский цементного машиностроения | Краснодарский завод тензометрических приборов | | | | | | | |
| Выпуск | | Серийный | | | | | | | |

* Наибольшая доза за принятое время цикла.

Таблица 3а

## Техническая характеристика дозаторов ДБ

| Показатели | Дозаторы для смесителей емкостью, л | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1500(1200) | | | | | | | 750(500) | | | | | | |
| | ДБЦ-600 | ДБП-800 | ДБШ-800 | 2ДБП-1600 | 2ДБШ-1600 | 2ДБПК-1600 | ДБЖ-400 | ДБЦ-400 | ДБП-500 | ДБШ-500 | 2ДБП-500 | 2ДБШ-800 | 2ДБПК-800 | ДБЖ-200 |
| Взвешиваемый материал | Цемент | Песок | Щебень или гравий | Песок | Щебень или гравий | Керамзит с фракцией до 40 мм и песок | Вода | Цемент | Песок | Щебень или гравий | Песок | Щебень или гравий | Керамзит с фракцией до 40 мм и песок 350—800 кг | Вода |
| Предел взвешивания, кг: | | | | | | | | | | | | | | |
| наибольший | 600 | 800 | 800 | 1600 | 1600 | 1600 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 800 | 800 | 200 |
| наименьший | 200 | 200 | 200 | 400 | 400 | 400 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 200 | 200 | 40 |
| Наибольшая продолжительность цикла взвешивания, с | 45 | 30 | 30 | 45 | 45 | 45 | 30 | 45 | 30 | 30 | 45 | 45 | 45 | 30 |
| Класс точности | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Тип питателя | Шнековый | Воронка с секторным затвором с приводом от пневмоцилиндра | | | | Лопастной и воронка с секторным затвором | Клапан мембранный | Шнековый | Воронка с секторным затвором с приводом от пневмоцилиндра | | | | Лопастной и воронка с секторным затвором | Клапан мембранный |
| Напряжение сети питания электрооборудования, В | 380/220 +10 —15% | 220 +10—15% | | | | 380/220 +10 —15% | | 380/220 +10 —15% | 220 +10—15% | | | | 380/220 +10 —15% | 220 |
| Давление воздуха в воздушной сети, МПа | — | 0,4—0,6±10% | | | | | | | | | | | | |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | | | | | | | | |
| длина | 3920 | 1700 | 1710 | 2150 | 2150 | 2150 | 1590 | 1650 | 1710 | 1710 | 2150 | 2150 | 2150 | 1650 |
| ширина | 1300 | 1040 | 1040 | 1280 | 1280 | 1555 | 1220 | 1160 | 1040 | 1040 | 1280 | 1280 | 1555 | 1160 |
| высота | 3270 | 2895 | 2895 | 2945 | 2945 | 3085 | 2300 | 2850 | 2515 | 2515 | 2515 | 2515 | 2685 | 2350 |
| Масса, кг | 1600 | 405 | 565 | 630 | 800 | 1030 | 620 | 1400 | 415 | 500 | 545 | 670 | 950 | 475 |
| Завод-изготовитель | Краснодарский з-д тензометр. приборов | | | | | | | Краснодарский з-д тензометр. приборов | | | | | | |
| Выпуск | Серийный | | | | | | | | | | | | | |

Таблица 4

**Дозаторы непрерывного действия**

| Параметр | С-781 | С-879 | СБ-71 | С-804 | С-880 | С-864 | С-313 АИ | С-313 АЦ | С-471 АИ | С-472 АЦ | С-633 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 5—20 | 1—12 | 5—20 | 3,5—15 | 1,25—30 | 5—75 | 20—100 | 20—40 | До 50 | До 20 | 7,5—39 |
| Средняя точность взвешивания, % | ±1 | ±1 | ±1 | ±2 (от объема) | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±1 | ±2 |
| Максимальный размер частиц дозируемого материала, мм | — | — | — | — | 20 | 70 | — | — | — | — | 40 |
| Ширина ленты транспортера, мм | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 1000 | 1000 | 650 | 650 | 650 |
| Длина весового участка, мм | 780 | 780 | — | — | 720 | 720 | — | — | — | — | — |
| Скорость ленты, м/с (пределы регулирования) | — | — | — | — | — | — | 0,15 и 0,25 | 0,05 и 0,1 | 0,25 | 0,1 | 0,01317—0,128 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | | | | | |
| длина | 2010 | 2010 | 2200 | 1600 | 2200 | 2200 | 4350 | 5325 | 3400 | 4030 | 1375 |
| ширина | 1100 | 1100 | 1150 | 1040 | 990 | 970 | 1675 | 1675 | 1355 | 1415 | 1036 |
| высота | 1480 | 1480 | 1550 | 1100 | 1070 | 1070 | 2005 | 1890 | 1800 | 1760 | 630 |
| Масса дозатора, кг | 958 | 930 | 980 | 535 | 530 | 480 | 2725 | 3000 | 1700 | 1660 | 350 |

Таблица 5

## Бетоносмесители

### А. Гравитационные

| Наименование | Модели бетоносмесителей | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-27 (С-674А) | СБ-28 (С-675) | СБ-101 | СБ-30 (С-739Б) со знаком качества | СБ-91 | (С-336Д) со скипом | СБ-10 (С-302И) | СБ-103 | СБ-3 (С-230А) | СБ-94 |
| Объем готового замеса, л | 65 | 65 | 65 | 165 | 500 | 330 | 800 | 2000 | 1600 | 1000 |
| Объем загружаемых материалов, л | 100 | 100 | 100 | 250 | 750 | 500 | 1200 | 3000 | 2400 | 1500 |
| Производительность, $м^3/ч$ | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 5 | 15 | до 10 | — | — | 32 | 20 |
| Двигатель механ. вращ. барабана | электр. | дизельный | электр. | дизельный | электр. | электр. | электр. | | электр. | электр. |
| тип | АОЛ-11-4 | Д-300 | АОЛ-41-4 | 2СД-В-III | АО2-41-4 | АО-32-4 | АО-72-6 | | КО-32-6 | АО2-61-4 |
| мощность, кВт | 0,6 | 0,6 л. с. | 0,6 | 2 | 4 | 3 | 14 | 22 | 25 | 13 |
| Электродвигатель механ. подъема ковша | | | | | | | | | | |
| тип | — | — | — | — | — | электр. АО-52-6 | — | — | — | — |
| мощность, кВт | — | — | — | — | — | 4,5 | — | — | — | — |

| Наименование | Модели бетоносмесителей | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-27 (С-674А) | СБ-28 (С-675) | СБ-101 | СБ-30 (С-739Б) со знаком качества | СБ-91 | (С-336Д) со скипом | СБ-10 (С-302И) | СБ-103 | СБ-3 (С-230А) | СБ-94 |
| Угол загрузки смесительного барабана, град | 12 | 12 | 12 | 45 | 13 | 0 | 0 | 15 | 5 | 15 |
| Угол выгрузки, град | 40 | 40 | 35 | 45 | 60 | 52 | 55 | 55 | 60 | 55 |
| Привод механ. накл. барабана | ручн. | ручн. | ручн. | электр. | электр. | гидравл. | пневмат. | пневмат. | пневмат. | пневмат. |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | | | | |
| длина | 1680 | 1900 | 1450 | 1915 | 1750 | 2575 | 3725 | 2500 | 2910 | 2600 |
| ширина | 1030 | 1100 | 1200 | 1590 | 2000 | 2220 | 2730 | 4100 | 4180 | 2500 |
| высота | 1340 | 1340 | 1270 | 2260 | 1800 | 2800 | 2526 | 3330 | 3323 | 2460 |
| Масса, кг | 226 | 253 | 213 | 800 | 1250 | 2000 | 4080 | 7600 | 8070 | 3000 |
| Завод-изготовитель | Тюменский з-д строительных машин | | | | | | Славянский завод строительных машин | | | |

**Б. Принудительного действия**

| Наименование | Модели бетоносмесителей | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | СБ-43 (С-868) | СБ-80 | СБ-35 (С-773) | СБ-62 (С-95) | СБ-93 |
| Объем готового замеса, л | 65 | 165 | 375 | 800 | 1000 |
| Объем загружаемого материала, л | 100 | 250 | 550 | 1200 | 1500 |
| Производительность, $м^3/ч$ | 2—2,6 | до 6,6 | до 13,5 | до 26 | до 40 |
| Диаметр смесительной чаши, мм | — | — | 1800 | 2170 | — |
| Привод загрузки | ручной | электр. | пневмат. | пневмат. | |
| Электродвигатель | | | | | |
| тип | АО исполн. Ф—2 | АО2-42-4 | АО2-62-6 | АО2-72-4 | |
| мощность, кВт | 2,8 | 5,5 | 13 | 30 | 40 |
| Габаритные размеры, мм | | | | | |
| длина | 1470 | 1900 | 2200 | 2955 | 2880 |
| ширина | 895 | 1550 | 1970 | 2280 | 2690 |
| высота | 595 | 2070 | 1960 | 2795 | 2850 |
| Масса, кг | 160 | 1200 | 2000 | 4200 | 4900 |
| Завод-изготовитель | Новосибирский з-д строительных машин | | Славянский з-д строительных машин | | |

## Типы и характеристики автосредств для транспортирования бетонной смеси

Таблица 1

### Автобетоносмесители

| Параметр | Единица измерения | Модель | |
|---|---|---|---|
| | | С-942 | С-1036 |
| Завод-изготовитель | | Славянский завод строительных машин | |
| Базовый автомобиль | | КрАЗ-258 | МАЗ-503 |
| Объем готового замеса перевозимого автобетоносмесителем | м³ | 3,2 | 2,5 |
| Время перемешивания | мин | До 20 | До 20 |
| Время разгрузки | » | » 15 | » 15 |
| Скорость вращения барабана: | | | |
| при перемешивании в пути | об/мин | 4 | 8,5 |
| при стационарном перемешивании | » | 9 | 12 |
| при выгрузке готовой смеси | » | 11 и 5 | 6 и 8,5 |
| Емкость бака с водой | л | 600 | 530 |
| Двигатель смесителя | — | Д-37М | Д-37М |
| Мощность | л. с. | 40 | 40 |
| Высота загрузки | мм | 3415 | 3420 |
| Высота выгрузки | | Переменная | |
| Масса технологического оборудования | кг | — | 3900 |
| Масса порожнего автобетоносмесителя | » | 12 200 | 9100 |
| Масса нагруженного автобетоносмесителя | » | 19 200 | 13 950 |
| Габаритные размеры: | | | |
| длина | мм | 8290 | 6630 |
| ширина | » | 2690 | 2550 |
| высота | » | 3430 | 3420 |

Таблица 2

**Намечаемые к выпуску автобетоновозы**

| Параметр | Единица измерения | Модель | |
|---|---|---|---|
| | | АБ-20 | АБ-32 |
| Организация-разработчик | | ЦНИИОМТП, ВНИИСДМ | ЦНИИОМТП |
| Базовый автомобиль | | ЗИЛ-130Д | МАЗ-503А |
| Тип кузова | | Опрокидной самосвальный | Опрокидной самосвальный |
| Возможность разгрузки | | На 3 стороны | Назад |
| Объем смеси перевозимой автобетоновозом | $м^3$ | 2 | 3,2 |
| Угол наклона кузова при выгрузке | град | 90 | 85 |
| Высота загрузки | мм | 2665 | 2800 |
| Высота выгрузки: | » | — | 1600 |
| минимальная | » | 925 | — |
| максимальная | » | 1610 | — |
| Время подъема кузова | с | 15—30 | 15—30 |
| Время опускания кузова | с | 20 | 20 |
| Привод рабочих органов | | Гидравлический | |
| Масса в снаряженном состоянии | кг | 5920 | 7100 |
| Масса с грузом | » | 9215 | 14 800 |
| Габаритные размеры в транспортном положении: | | | |
| длина | мм | 6080 | 5900 |
| ширина | » | 2580 | 2780 |
| высота | » | 2790 | 2820 |

Таблица 3

**Автосамосвалы, которые после модернизации кузова могут быть применены для транспортирования бетонной смеси**

| Параметр | Единица измерения | Модель | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ГАЗ-93А | ЗИЛ-ММЗ-555 | МАЗ-503А |
| Завод-изготовитель | | Саранский завод автосамосвалов | Мытищинский машиностр. завод | Минский автомобильный завод |
| Объем перевозимой смеси | м³ | 0,8 | До 2 | До 3,2 |
| Масса | | | | |
| снаряженного | кг | 2900 | 4280 | 7100 |
| с грузом | » | До 5300 | 9295 | 15 250 |
| Габаритные размеры: | | | | |
| длина | мм | 5420 | 5475 | 5785 |
| ширина | » | 2090 | 2420 | 2500 |
| высота | » | 2130 | 2350 | 2700 |
| Наибольший угол наклона кузова | град | 48 | 55 | 55 |
| Время подъема груженого кузова | с | 15 | 15 | 15 |
| Время опускания порожнего кузова | с | 20 | 20 | 10 |
| Кузов * | — | — | — | — |

Примечание. Для транспортирования беточной смеси кузовы указанных автосамосвалов должны быть переоборудованы в соответствии с пп. 4.16—4.20 настоящего Руководства.

*ПРИЛОЖЕНИЕ V*

## Технические характеристики оборудования, применяемого при укладке бетонной смеси

Таблица 1

### Унифицированный ряд бадей для бетонной смеси

*а) Поворотные бадьи*

| Наименование | Единица измерения | Унифицированный ряд бадей конст. ЦНИИОМТП | | | | Бадья с боковой выгрузкой | Бадьи типа «КамГЭСстрой» | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | емкость номинальная, м³ | | | | | | |
| | | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 1 | 3,2 | 6,4 |
| Размеры выгрузочного отверстия | мм | 350×600 | | | | Секторный ручной | Ручной | Челюстной |
| Тип затвора | — | | Челюстной | Ручной | | | | |
| Допустимая перегрузка по емкости для бетонной смеси | % номинальной емк. | 30 | 25 | 15 | 25 | — | — | — |
| Габаритные размеры: | | | | | | | | |
| длина | мм | 3260 | 3512 | 4014 | 3600 | 3644 | 3910 | 4510 |
| ширина | » | 750 | 1232 | 1232 | 2250 | 1232 | 3010 | 3000 |
| высота | » | 1040 | 1040 | 1040 | 1040 | 1295 | 1890 | 1950 |
| Масса | кг | 315 | 490 | 617 | 880 | 530 | 2200 | 3300 |
| Количество бадей, устанавливаемых для приемки бетонной смеси при разгрузке одного автосамосвала: | | | | | | | | |
| ЗИЛ-ММЗ-585 | — | 3 | 2 | — | — | — | — | — |
| ЗИЛ-ММЗ-555 | — | 3 | 2 | — | 1 | — | — | — |

| Наименование | Единица измерения | Унифицированный ряд бадей конст. ЦНИИОМТП, емкость номинальная, м³ | | | | Бадья с боковой выгрузкой | Бадьи типа «КамГЭСстрой» | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 1 | 3,2 | 6,4 |
| МАЗ-205 | — | — | 2 | 2 | 1 | — | — | — |
| МАЗ-503А | — | — | — | 2 | — | Славянский з-д строительных машин | | |
| Изготовитель | — | — | — | — | — | С-375 | | |
| Индекс изделия | — | — | — | — | — | | | |
| Рабочие чертежи | ЦНИИОМТП | | | | | | | |

*б) Неповоротные бадьи*

| Наименование показателей | Единица измерения | Емкость номинальная, м³ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5 | 1 | 1,6 | 3,2 | 6,4 |
| Размеры выгрузочного отверстия | мм | 250×600 | 350×600 | 500×640 | 600×800 | — |
| Тип затвора | — | Челюстной | Ручной | Шторный | Роликовый | — |
| Габаритные размеры: | | | | | | |
| длина | мм | 1200 | 1600 | — | — | — |
| ширина | » | 1200 | 1600 | 1800 | 2150 | — |
| высота | » | 1300 | 1520 | 2200 | 2240 | — |
| Масса | кг | 228 | 350 | 994 | 1697 | 3300 |

Примечания: 1. В поворотных бадьях емкостью 1; 1,5; 2 м³ затворы одинаковы по конструкции и взаимозаменяемы.
2. В неповоротных бадьях затворы одинаковы по конструкции и взаимозаменяемы.

Таблица 2

**Переставные ленточные конвейеры**

| Наименование | Единица измерения | Типы конвейеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ТК 14 | ТК 13 | ТК 12 | ТК 11 |
| Производительность | $м^3/ч$<br>т/ч | —<br>— | 35<br>90 | 35<br>90 | 35<br>90 |
| Высота разгрузки: | м | | | | |
| наименьшая | » | 1,5 | 1,5 | 2,2 | 1,5 |
| наибольшая | » | 3,8 | 2,1 | 5,5 | 3,8 |
| Ширина ленты | мм | 400 | 400 | 500 | 500 |
| Скорость движения ленты | м/с | 1,6 | 1,6 | 1,68 | 1,6 |
| Габаритные размеры: | | | | | |
| длина | мм | 10 700 | 5300 | 15 350 | 10 570 |
| ширина | » | 1 460 | 900 | 2 000 | 1500 |
| высота | » | — | — | 1 600 | 1600 |
| Масса | кг | 700 | 400 | 1 200 | 900 |
| Завод-изготовитель | | Днепропетровский з-д строит. машин | Орский з-д строит. машин | | |

Таблица 3

**Ленточные бетоноукладчики**

| Параметр | Единица измерения | Тип бетоноукладчика | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | БашНИИстроя | МП-13 | ЭМ-44 Строммашина | ЛБУ-20 ЦНИИОМТП |
| Производительность | $м^3/ч$ | 140 | 30—48 | 25 | 25 |
| Емкость приемного бункера или ковша | $м^3$ | 2,4 | 2 | 2 | 2,4 |

| Параметр | Единица измерения | Тип бетоноукладчика | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | БашНИИстроя | МП-13 | ЭМ-44 Стромашина | ЛБУ-20 ЦНИИОМТП |
| Вылет стрелы ленточного конвейера | м | 10 | 8,6 | 13,3—21,9 | 3—20 |
| Наибольший угол подъема конвейера | град | 2,5 | 20 | 20 | 50 |
| Наибольший угол опускания конвейера | » | 8 | 20 | 9 | 12 |
| Ширина ленты конвейера | мм | 500 | 650 | 500 | |
| Скорость движения ленты | м/с | 1 | 1,5 | 1 | 1 |
| Угол поворота стрелы или платформы в плане | град | 160 | 180 | — | 360 |
| Установленная мощность электродвигателя | кВт | — | — | 23,7 | — |
| Скорость передвижения машины | км/ч | — | 2,14—4,55 | — | 0,15—15 |
| Транспортные габариты машины: | | | | | |
| длина | мм | 13 450 | 14900 | — | 16 000 |
| ширина | » | 3750 | 2900 | — | 2900 |
| высота | » | 3060 | 4900 | — | 3950 |
| Масса машины | кг | 21 340 | 16 500 | 2300 | 12 500 |

**Вибропитатель**

| | |
|---|---|
| Емкость, м³ | 1,6 |
| Угол наклона днища, град | 10 |
| Размеры выходного отверстия, мм: | |
| ширина | 360 |
| высота | 325 |
| Габариты, мм: | |
| длина | 2560 |
| ширина | 2400 |
| высота | 690 |
| Масса, кг | 757 |

**Вибролотки** Таблица 4

| Длина, мм | Расстояние от конца вибролотка до оси вибратора, мм | Ширина, мм | Высота, мм | Радиус закругления, мм | Толщина листа, мм | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **С круговыми колебаниями** | | | | | | |
| 6000 | 1500 | 280 | 290 | 140 | 3 | 234 |
| 4000 | 1000 | 290 | 290 | 140 | 3 | 181 |
| **С направленными колебаниями** | | | | | | |
| 6000 | Вибратор крепится с загрузочного торца | 280 | 290 | 140 | 2 | 203 |
| 4000 | | 280 | 290 | 140 | 2 | 160 |

Примечание. Чертежи вибропитателя и вибролотков разработаны ЦНИИОМТП (РЧ-346-68) и распространяются Бюро внедрения ЦНИИОМТП (Москва, К-12, ул. Куйбышева, 3/8).

**Звеньевой хобот конструкции ЦНИИОМТП**

*Воронка*

| | |
|---|---|
| Размеры в плане, мм | 800×600 |
| Диаметр патрубка, мм | 350 |
| Высота, мм | 960 |
| Масса, кг | 28 |

*Звено*

| | |
|---|---|
| Диаметр, мм: | |
| верхний | 350 |
| нижний | 300 |
| Высота, мм | 700 |
| Масса, кг | 18 |

Рабочие чертежи разработаны проектным отделением ЦНИИОМТП ш. РЧ271—5800.000.

Таблица 5

**Виброхоботы**

| Параметр | Единица измерения | Типы виброхоботов | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Т-165Д | С-896 | С-579А |
| Глубина опускания бетонной смеси | м | До 40 | До 40 | До 80 |
| Внутренний диаметр хобота | мм | 300 | 350 | 350 |
| Максимальная крупность заполнителя бетонной смеси | » | 120 | 150 | 150 |
| Консистенция бетонной смеси, транспортируемой виброхоботом | см | ОК3 | ОК1 | ОК3 |
| Емкость виброхобота при максимальной длине | $м^3$ | — | 5,7 | 9 |
| Возможное отклонение от вертикали (при макс. высоте) | м | 16 | — | 15 |
| Емкость загрузочной воронки | $м^3$ | 1 | 1,5 | 1,5 |
| Количество секций: | | | | |
| верхних с тросом Ø 32 | шт. | — | 1 | 1 |
| средних Ø 32 | » | — | 2 | 5 |
| нижняя шарнирная из облегченных звеньев | » | — | 1 | 1 |
| Вибраторы: | | | | |
| марка | — | 4-7 | С-413 | — |
| мощность | кВт | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| напряжение | В | 36 | 36 | 280 |
| количество | шт. | 8 | 8 | 20 |

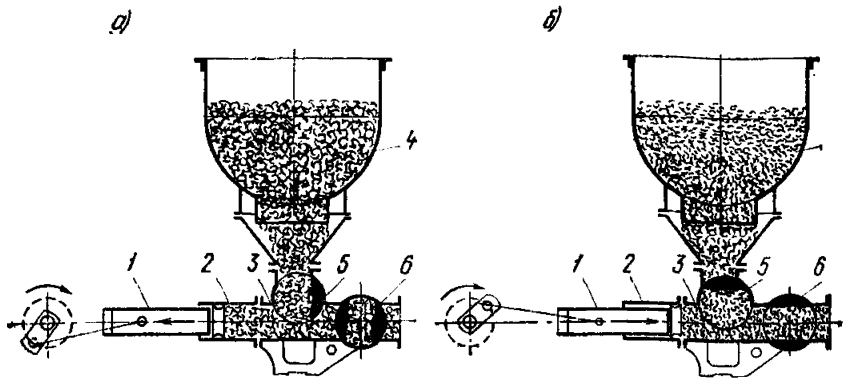



**Рис. 100. Поршневой бетононасос с механическим приводом**

*а* — всасывание; *б* — нагнетание; *1* — поршень; *2* — цилиндр; *3* — рабочая камера; *4* — приемный бункер; *5* — всасывающий клапан; *6* — нагнетательный клапан

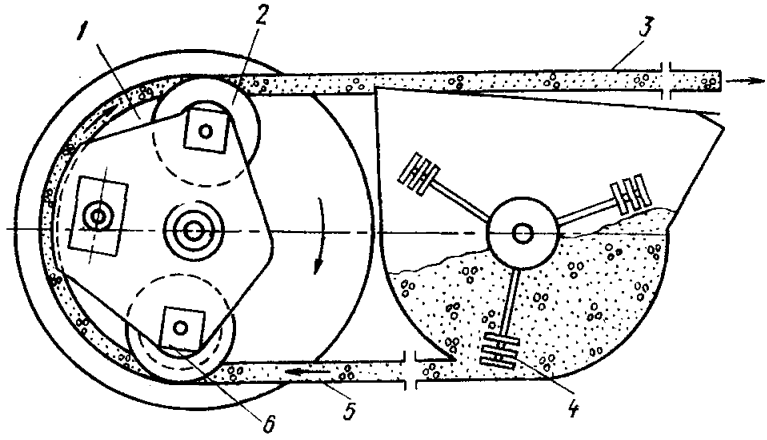



**Рис. 101. Шланговый бетононасос с гидравлическим приводом**

*1* — насосная камера; *2* — ролик; *3* — транспортный трубопровод; *4* — смеситель; *5* — всасывающий трубопровод; *6* — планетарный привод

Таблица 6

**Основные типы бетононасосов и пневмонагнетателей**

| Тип | Принцип работы | Техническая характеристика |
|---|---|---|
| Поршневой бетононасос с механическим приводом | Мощность от двигателя через передачу, включающую вал и кривошипно-шатунный механизм, передается на поршень, совершающий возвратно-поступательное движение При движении поршня происходит засасывание бетонной смеси из бункера и нагнетание ее в бетоновод. Соединение и разобщение рабочего цилиндра, бункера и бетоновода осуществляется клапанами обычно пробкового типа. Клапаны приводятся в действие от коленчатого вала при помощи системы специальных тяг (рис. 100) | Производительность, нерегулируемая или труднорегулируемая, до 40 м³/ч, давление до 30 ати, частота движения поршня до 50 дв. ходов/мин, дальность подачи по горизонтали до 250 м, по вертикали — до 40 м Число цилиндров 1—2 |
| Шланговый бетононасос с гидравлическим приводом | Обрезиненные ролики обжимают резиновый шланг, уложенный в цилиндрической камере, выжимают бетонную смесь из него в бетоновод и одновременно создают в нем вакуум для всасывания смеси из бункера. Клапаны у насоса отсутствуют (рис. 101) | Производительность регулирования до 66 м³/ч. Дальность подачи до 135 м, высота подачи до 45 м при диаметре трубопровода 100 мм |
| Бетононасос с водяным гидравлическим приводом и гибкой связью между поршнями | Отличается от предыдущих постоянным числом цилиндров — двумя, поршни которых связаны посредством тросово-блочной системы, что обеспечивает принудительное возвращение поршней в исходное положение (холостой ход) Клапанная система в виде плоских шиберов, поворотных труб и заслонок | Производительность до 160 м³/ч, давление до 42 ати, дальность подачи до 300 м, высота подачи до 30 м, число цилиндров 2 |

| Тип | Принцип работы | Техническая характеристика |
|---|---|---|
| Бетононасос с масляным гидравлическим приводом и жесткой связью поршней | Поршни рабочих цилиндров приводятся в движение поршнями гидравлических (приводных) цилиндров, с которыми они связаны штоками. Клапанная система в виде плоских шиберов или поворотных труб и заслонок. Подача масла в гидравлические цилиндры осуществляется шестеренными или аксиально-плунжерными насосами | Производительность, регулируемая до 120 м³/ч, давление до 75 ати, дальность подачи до 600 м, высота подачи до 115 м. Число цилиндров 1—2 |
| Бетононасос с водяным гидравлическим приводом и свободноплавающими поршнями | Бетонная смесь вытесняется в бетоновод из цилиндра и засасывается в него из бункера поршнем, приводимым в движение рабочей жидкостью (водой). Вода нагнетается или отсасывается с одной стороны поршня в рабочий цилиндр. Клапанная система выполняется обычно в виде плоских шиберов. Подача воды осуществляется многоступенчатым центробежным насосом (рис. 102) | Производительность до 50 м³/ч, дальность подачи до 400 м, высота подачи до 60 м при диаметре бетоновода 180—204 мм |

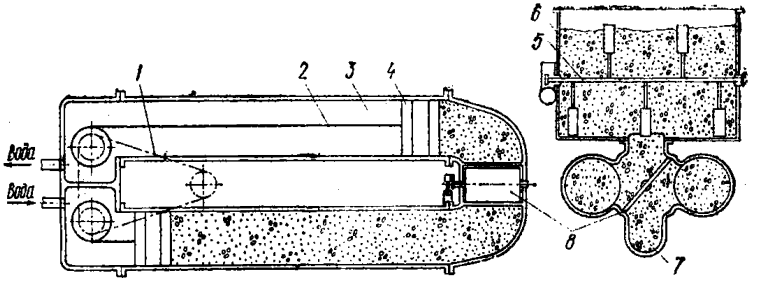



**Рис. 102. Бетононасос с водяным гидравлическим приводом и гибкой связью между поршнями**

*1* — механизм связи; *2* — трос; *3* — рабочий цилиндр; *4* — поршень; *5* — смеситель; *6* — приемный бункер; *7* — распределительная коробка; *8* — поворотная заслонка

Таблица 7

**Бетононасосы отечественного производства**

| Характеристика | С-296 | С-284А | СБ-68 (УБС-5В) | СБ-95 | БНГ-25 |
|---|---|---|---|---|---|
| Производительность, $м^3/ч$ | 10 | 40 | 5 | 20—30 | 25 |
| Дальность подачи бетонной смеси, м: | | | | | |
| по горизонтали | До 250 | До 250 | 100 | 250 | 400 |
| по вертикали | До 40 | До 30 | 10 | 50 | 60 |
| Наибольшая крупность заполнителя, мм: | | | | | |
| гравий | 50 | 120 | — | — | 50 |
| щебень | 40 | 90 | 40 | 40 | 40 |
| Консистенция бетонной смеси, перекачиваемой насосом (осадка конуса), см | 4—12 | 4—12 | 6—15 | 4—12 | 4—12 |
| Диаметр цилиндра, мм | 150 | 280 | 150 | 220 | 200 |
| Ход поршня, мм | 250 | 400 | 700 | 1000 | 2000 |
| Число ходов поршня, в 1 мин | 50 | 42 | 10 | 8×2 | 4×2 |
| Количество цилиндров | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Мощность электродвигателей, кВт: | | | | | |
| общая | 16,2 | 60 | 11 | 57,7 | 49,7 |
| главного привода | 14 | 55 | 11 | — | 40 |
| привода смесителя | 2,2 | 4,5 | — | — | 2,3 |
| Размеры бетоновода, мм: | | | | | |
| наружный диаметр | 159 | 299 | 159 | 159 | 159 |
| толщина стенки | 4,5 | 8 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Емкость приемного бункера, $м^3$ | 0,45 | 2,8 | 0,3 | — | 2,4 |
| Габаритные размеры бетононасоса, мм: | | | | | |
| длина | 2460 | 5940 | 3000 | 8000 | 6920 |
| ширина | 1350 | 2040 | 830 | 2000 | 2620 |
| высота | 1714 | 3175 | 1000 | 2640 | 2400 |
| Масса бетононасоса, кг | 2650 | 12 000 | 1150 | 11 300 | 5000 |
| Масса бетоновода, кг | 6800 | 30 000 | — | — | 4030 (длиной 200 м) |
| Максимальное рабочее давление в транспортном цилиндре, атм | 30 | 30 | 13 | — | 25 |
| Тип насоса | Поршневой с механическим приводом, стационарный | | Поршн. с масляно-гидрав. приводом, стацион. | Поршневой с масляно-гидрав приводом распред. стрелой, стацион. | Поршневой с водяным гидравлич. приводом, прицепной |
| Изготовитель | Нязепетровский з-д строит. машин им. Калинина | | Московский з-д строит. машин | Нязепетровский з-д строит. машин им. Калинина | Строит. организации собственными силами |
| Данные о производстве 1973 г. | Изготовлены серийно | | Не изготавливаются | Изготовляется опытная партия | Изготовляются для опытно-производственной проверки |

*Продолжение прил. V*

Таблица 8

**Пневмонагнетатели**

| Характеристика | СМЛ-136*141 | С-862 | ПН-0-3 | ПН-0,5 | ПР1У-2* | ППУ-3* | ПБУ-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Производительность, м³/ч | 20 | 3—4 | 9 | 15 | 8 | 16 | 16 |
| Емкость нагнетателя, л | 800 | 350 | 450 | 620 | 400 | 800 | 250 |
| Максимальное рабочее давление, атм | 6 | 7 | — | — | 6 | 6 | 7 |
| Дальность подачи, м: | | | | | | | |
| по горизонтали | До 200 | До 200 | До 200 | До 200 | До 200 | До 200 | До 200 |
| по вертикали | 35 | 30 | 35 | 35 | » 60 | » 60 | » 15 |
| Внутренний диаметр бетоновода | 180 | 69 | 150 | 150 | 145 | 193 | 150 |
| Наибольшая крупность заполнителя, мм | 60 | 20 | 40 | 40 | 40 | 70 | 40 |
| Емкость ресивера, м³ | 4 | 0,7 | 1,6 | 1,8 | 3,2 | 5 | — |
| Емкость гасителя, м³ | 0,7 | — | — | — | — | — | — |
| Габариты нагнетателя, мм: | | | | | | | |
| длина | 2054 | 2090 | 1600 | 1800 | 5650 | 6700 | 4320 |
| ширина | 2170 | 1240 | 1000 | 1300 | 2730 | 2600 | 900 |
| высота | 2430 | 1320 | 1500 | 2000 | 3750 | 4580 | 1580 |
| Габариты ресивера, мм: | | | | | | | |
| длина | 1444 | Установки в целом | | | | | |
| ширина | 1330 | | | | | | |
| высота | 4120 | | | | | | |
| Габариты гасителя, мм: | | | | | | | |
| длина | 2000 | — | — | — | — | — | — |
| ширина | 2060 | — | — | — | — | — | — |
| высота | 1960 | — | — | — | — | — | — |
| Масса нагнетателя, кг | 1300 | 1000 | 580 | 640 | 4806 | 7040 | 1850 |
| | (без установки в целом) | | | | (без бетоновода и гасителя) | | |
| Масса ресивера, кг | 1240 | — | 643 | 703 | — | — | — |
| Масса гасителя, кг | 950 | 20 | — | — | 85 | 85 | — |
| Тип нагнетателя | Вертикальный, стационарный | | | | Вертикальный, прицепной, со скиповым подъемом. | | |
| Изготовитель | Московский з-д строймаш | | З-д № 6 Главтоннельметростроя | | Строительные организации собственными силами | | |
| Данные о производстве в 1973 г. | Изготовляется | | | | | | |

* Разработана Днепропетровским филиалом Научно-исследовательского ин-та строительного производства Госстроя УССР.
** Разработана Научно-исследовательским институтом строительного производства Госстроя УССР.

Таблица 9

**Электромеханические глубинные вибраторы с гибким валом**

| Наименование | Модель вибратора | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ИВ-17 (С-727) | ИВ-27 (С-802) | ИВ-47 (С-922) | ВИ-66 | ИВ-75 | ИВ-67 |
| | **Вибронаконечник** | | | | | |
| Наружный диаметр корпуса, мм | 36 | 51 | 76 | 38 | 28 | 51 |
| Частота колебаний, кол/мин | 20 000 | 15 000 | 20 000 | 20 000 | 20 000 | 16 000 |
| Возмущающая сила, кг | 135 | 220 | 400 | 150 | 80 | 300 |
| Длина рабочей части, мм | 350 | 400 | 440 | 360 | 400 | 410 |
| Масса, кг | 1,8 | 4,2 | 8,7 | 2,2 | 1,3 | 4,5 |
| | **Электродвигатель** | | | | | |
| Тип | Трехфазный | асинхронный с короткозамкнутым ротором | | | | |
| Напряжение, В | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Мощность, кВт | 0,8 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Скорость вращения, об/мин | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 |
| Масса, кг | 14 | 14 | 16,5 | 14,3 | 14,3 | 14,3 |
| Завод-изготовитель | Ярославский завод «Красный маяк» | | | | | |
| | Гибкий вал (изготовитель — Московский завод «Металлорукав») | | | | | |
| Модель | В-122 | В-122 | В-126 или В-123 | 127 | В-129 | В-128 |
| Длина, мм | 3300 | 3300 | 3010 | 3300 | 3000 | 3280 |
| Масса, кг | 10 | 10 | 12,5 | 9 | 4,5 | 10 |
| Гарантийный срок службы, ч | 500 | 12 месяцев со дня выпуска заводом-изготовителем | | | | |
| Общая масса вибратора, кг | 25,8 | 28,2 | 39 | 26 | 20 | 29 |

Примечание. Вибраторы ИВ-17 и ИВ-27 сняты с производства.

Таблица 10

**Глубинные вибраторы со встроенным электродвигателем**

| Наименование | Модель вибратора | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ИВ-55* | ИВ-56 | ИВ-59 | ИВ-60 |
| Наружный диаметр корпуса, мм | 51 | 76 | 114 | 133 |
| Длина рабочей части, мм | 410 | 510 | 520 | 520 |
| Частота колебаний, кол/мин | 11 000 | 11 000 | 5700 | 5700 |
| Возмущающая сила, кгс | 250 | 550 | 500 | 800 |
| | Электродвигатель (встроенный) | | | |
| Тип | Трехфазный, асинхронный с короткозамкнутым ротором | | | |
| Мощность, кВт | 0,27 | 0,8 | 0,6 | 1,1 |
| Напряжение, В | 36 | 36 | 36 | 36 |

Гарантийный срок службы — 12 месяцев со дня выпуска заводом. Завод-изготовитель — Ярославский завод «Красный маяк».

* Вибратор ИВ-55 снят с производства.

Таблица 11

**Пневматические глубинные вибраторы**

| Наименование | Модель вибратора | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | С-697 ИВ-13 | С-698 ИВ-14 | С-699 ИВ-15 | С-700 ИВ-16 | С-923 ИВ 48 |
| Наружный диаметр корпуса, мм | 34 | 50 | 75 | 110 | 133 |
| Длина рабочей части вибратора, мм. | 315 | 315 | 375 | 480 | 350 |

*Продолжение прил. V*

| Наименование | Модель вибратора | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | С-697 ИВ-13 | С-698 ИВ-14 | С-699 ИВ-15 | С-700 ИВ-16 | С-923 ИВ-48 |
| Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см² | 4—6 | 4—6 | 4—6 | 4—6 | 4—6 |
| Частота колебаний при работе в воздухе, кол/мин: | | | | | |
| высокая | 14 000<br>18 000 | 12 000<br>18 000 | 10 000<br>16 000 | 8 000<br>14 000 | 7 000<br>12 000 |
| низкая | 2 800<br>3 600 | 2 400<br>3 600 | 2 000<br>3 000 | 1 500<br>2 600 | 1 400<br>2 400 |
| Максимальная возмущающая сила, кгс | 100 | 350 | 700 | 2 000 | 3 000 |
| Расход воздуха, м³/мин | 0,5—0,7 | 0,8—1,1 | 1,2—1,3 | 1,4—1,5 | 1,8—1,7 |
| Масса вибратора, кг | 3,5 | 5,5 | 11 | 20 | 24,5 |
| Гарантийный срок службы | 12 месяцев | | | | |
| Изготовитель | Одесский завод строительных и отделочных машин Минстройдормаша | | | | |

Примечания: 1. Значения частоты колебаний, возмущающей силы и расхода воздуха указаны при номинальном давлении сжатого воздуха 5 кгс/см².

2. Вибратор С-923 не выпускается.

Таблица 12

**Подвесные глубинные вибраторы**

| Наименование | Модель вибратора | |
|---|---|---|
| | ИВ-34 | С-649 |
| Наружный диаметр корпуса, мм | 133 | 194 |
| Длина рабочей части, мм | 800 | 1500 |
| Возмущающая сила, кгс | 2000 | 2700 |
| Частота колебаний, кол/мин | 8000 | 3500 |

| Наименование | Модель вибратора | |
|---|---|---|
| | ИВ-34 | С-649 |
| | Электродвигатель | |
| Тип | Трехфазный асинхронный с короткозамкнутым ротором | |
| Комплексная мощность, кВт | 3,2 | 4 |
| Напряжение, В | 220/380 | 220/380 |
| Масса вибратора, кг | 130 | 230 |
| Завод-изготовитель | Ярославский завод «Красный маяк» | Ленинградский котельно-механический з-д |

Таблица 13

**Электромеханические вибраторы общего назначения с круговыми колебаниями**

| Наименование | Модель вибратора * | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ИВ-19 (С-792) или ИВ-19А | ИВ-20 (С-793) или ИВ-20А | ИВ-21 (С-794) или ИВ-21А | ИВ-22 (С-795) | ИВ-24 (С-797) | ИВ-61 | ИВ-68 | ИВ-70 или ИВ-70А |
| Номинальная мощность эл. двигателя, кВт | 0,27 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Возмущающая сила, кгс | 125<br>160<br>200<br>400 | 200<br>250<br>315<br>400 | 400<br>500<br>630<br>800 | 800<br>1000<br>1250<br>1600 | 1600<br>2000<br>2500<br>3000 | 250<br>315<br>400<br>500 | —<br>500<br>—<br>— | 200<br>250<br>315<br>400 |
| Частота колебаний, кол/мин | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 1400 | 1400 | 2800 |
| Напряжение, В ** | 220/380 или 36<br>12 | 220/380 или 36<br>20 | 220/380 или 36<br>25 | 220/380 —<br>— —<br>51 | 220/380 —<br>— —<br>80 | 220/380 —<br>— —<br>32 | —<br>—<br>—<br>36<br>31 | 220/380 —<br>— —<br>36<br>20 |
| Гарантийный срок службы вибраторов, ч | 1000 | 1000 | 500 | 500 | 500 | — | 500 | 1000 |

* В скобках указаны старые наименования моделей вибраторов.
** Вибраторы, питаемые током с напряжением 36 В, имеют в индексе доп. букву А. Вибратор ИВ-20 снят с производства.

Таблица 14

**Электромеханические вибраторы общего назначения с направленными колебаниями**

| Наименование | Модель вибратора * | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ИВ-35 (С-839) | ИВ-36 (С-840) ИВ-74 ИБ-36А | ИВ-38 (С-842) ИВ-38А | ИВ-63 | ИВ-18 (С-788) | ИВ-49 (С-967) | ИВ-65 | ИВ-53 (С-971) |
| Номинальная мощность эл. двигателя, кВт | 0,27 | 0,4 | 0,8 | 1,5 | 1,2×2 | 0,8×2 | 1,5×2 | 0,8 |
| Возмущающая сила, кгс | 125; 160<br>200 | 200; 250<br>315; 400 | 800; 1000<br>1250; 1600 | 1600; 2000<br>2500; 3000 | 0—4000<br>— | 1600; 2000<br>2500; 3200 | 3200; 4000<br>5000; 6000 | 800; 1000<br>1250; 1600 |
| Частота колебаний, кол/мин | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 |
| Напряжение, В | 220/380 | 220/380 | 220/380 | 220/380 | 220/380 | 220/380 | 220/380 | 220/380 |
| Гарантийный срок службы, ч | 500 | 500 | 500 | 800 | 300 | 800 | 800 | 800 |
| Масса, кг | 15 | 28 | 85 | 130 | — | 100 | 185 | 85 |

* В скобках указаны старые наименования моделей вибраторов. Вибратор ИВ-18 снят с производства.

*Продолжение прил. V*

Таблица 15

**Пневматические прикрепляемые вибраторы общего назначения**

| Параметр | Модель вибратора | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ИВ-28 (С-819) | ИВ-29 (С-820) | ИВ-30 (С-821) | ИВ-31 (С-822) | ИВ-64 | ИВ-41 (С-876)) |
| Максимальный момент дебаланса, кгс·см | 0,04 | 0,15 | 0,45 | 2 | 2,4 | 1,9 |
| Частота колебаний, кол/мин: | | | | | | |
| высокая | 1400 | 12 000 | 10 000 | 8000 | 8000 | 7000 |
| низкая | 2500 | 2200 | 1800 | 1300 | — | 9000 |
| Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см$^2$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| Расход воздуха, м$^3$/мин | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 2 | 1,65 | 1,25 |
| Масса вибратора, кг | 2,5 | 3,5 | 6 | 14 | 19 | 16 |
| Завод-изготовитель | Одесский завод строительных и отделочных машин | | | | | Свердловский завод «Пневстроймашина» |

Таблица 16

**Бетонораспределители**

| Показатели | Д-375 | Д-664 |
|---|---|---|
| Тип | Бункерный | Шнековый |
| Ширина распределения, м | 3,5—7 | 3,75—7,5 |
| Емкость бункера, м³ | 2,4 | — |
| Производительность, м³/ч | 50 | 120 |
| Диаметр шнека, мм | — | 400 |
| Скорость, м/мин: | | |
| рабочая | 22 | 0,7—1,4 |
| транспортная | — | 1,4—11 |
| Мощность привода, л. с. | 24 | 40 |
| Общая масса, т | 9 | 12 |

**Техническая характеристика разравнивателя бетона на базе экскаватора Э-153**

| | |
|---|---|
| Производительность, м³/смену . . . . | 118 |
| Размеры разравнивающей рамы, мм . | 1600×2000 |
| Рабочий ход рамы, мм . . . . . | 600 |
| Угол поворота стрелы в горизонтальной плоскости, град . . . . . | 60 |
| Емкость ковша, л . . . . . | 70 |
| Продолжительность рабочего цикла, с | 10—15 |
| Скорость машины (транспортная), км/ч . . . . . | 4,56—12,95 |
| Масса навесного оборудования, кг . | 780 |

Таблица 17

**Бетоноотделочные машины**

| Показатели | УБМ-7-75 | Д-376 | Д-665 | БО-3,5 |
|---|---|---|---|---|
| Тип | Самоходная | | | С ручным прив. передвижения |
| Ширина обработки, м | 7—7,5 | 3,5—7,0 | 3,75—7,5 | 3,5 |

| Показатели | УБМ-7-75 | Д-376 | Д-665 | ЕО-3,5 |
|---|---|---|---|---|
| Глубина проработки, см | 30 | 28 | 30 | 20 |
| Производительность, $м^2/ч$ | 700 | 250 | 500 | 100 |
| Скорость хода, м/мин: | | | | |
| вперед | 0,2 | 0,7—6,7 | 0—14 | — |
| назад | 0—12 | 1,6—15 | 0—12,4 | — |
| Мощность двигателя, л. с. | 40 (30 кВт) | 28 | 37(40) | 6 |
| Количество рабочих органов, шт. | — | — | 3 | — |
| Число колебаний уплотнительного бруса, кол/мин | 3600 | 3500 | (0,.1)3000 | 2500 |
| Общая масса, т | — | 9,6 | 13 | 1,75 |

## *ПРИЛОЖЕНИЕ VI*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Испытательный гидравлический пресс типа ПСУ (ГОСТ 8905—73). Предназначен для проведения статических испытаний стандартных образцов строительных материалов на сжатие. Пресс может применяться в лабораториях НИИ, заводов и строек.

Испытательный гидравлический пресс типа П (ГОСТ 8905—73) предназначен для статических испытаний стандартных образцов строительных материалов (бетона, природных и искусственных строительных камней). Область применения прессов — строительная промышленность (заводы ЖБИ и стройматериалов, НИИ стройматериалов и конструкций).

### Техническая характеристика холодильного фреонового компрессорно-конденсаторного агрегата АК-ФВ6 с испарительной частью

Марка агрегата — АК-ФВ6
Марка компрессора — ФВ6
Масса компрессора — 50 кг

Таблица 1

**Технические характеристики испытательных гидравлических прессов типа ПСУ**

| Наименование | Тип пресса | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ПСУ-500 | ПСУ-250 | ПСУ-125 | ПСУ-50 | ПСУ-10 |
| Наибольшая нагрузка, кгс | 500 000 | 280 000 | 125 000 | 50 000 | 10 000 |
| Точность определения нагрузки при использовании тарировочной таблицы, начиная с 50 000 кгс, % | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 |
| Наибольшее расстояние между опорными плитами, мм | 1200 | 800 | 700 | 600 | 350 |
| Размеры опорных плит, мм | 550×550 | 440×440 | 440×440 | 325 | 210×210 |
| Расстояния между колоннами (в свету), мм | 750 | 550 | 470 | 350 | 250 |
| Мощность эл. двигателя насосной станции пресса, кВт | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 1 | 1 |
| Мощность эл. двигателя, траверсы пресса, кВт | 1,7 | 1 | 1 | — | — |
| Габаритные размеры, мм | 2550×150×3380 | 2540×1200×2610 | 2185×1040×2170 | 840×490×1160 | 370×210×1400 |
| Масса, кг | 6530 | 2952 | 1860 | 687 | 390 |
| Цена, руб (условно) | 4900 | 2525 | 1650 | 815 | 620 |

Примечание При заказе прессового оборудования следует указать, для какого вида испытаний (прочность на сжатие, растяжение, изгиб и т. д.) оно предназначается.

Таблица 2

**Технические характеристики испытательных гидравлических прессов типа П**

| Наименование | П-25 | П-5 | П-10 | П-20 | П-50 | П-125 | П-250 | П-500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Наибольшая нагрузка, тс | 2,5 | 5 | 10 | 20 | 50 | 125 | 250 | 500 |
| Число шкал нагрузок, шт. | — | — | — | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Диапазон измеряемых усилий, кгс | 0—2500 | 0—5000 | 0—10 000 | 0—20 000 | 0—50 000 | 0—125 000 | 0—250 000 | 0—500 000 |
| Цена наименьшего деления шкалы, кгс | 5 | 10 | 20 | 40 | 100 | I-125<br>II-250 | 1-1250<br>2-500 | I-500<br>II-1000 |
| Допустимая погрешность показаний, % | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 |
| Наибольшее расстояние между опорными плитами, мм | 400 | 400 | 400 | 630 | 800 | 800 | 1000 | 1250 |
| Габаритные размеры, мм | 880×<br>×550×<br>×1520 | 880×<br>×550×<br>×1520 | 880×<br>×550×<br>×1520 | 1150×610×<br>×2200 | 1150×820×<br>×2200 | 1920×820×<br>×2180 | 2050×900×<br>×2730 | 2425×1080×<br>×3300 |
| Размер опорных плит, мм | 210±210 | 210×210 | 210×210 | 320×320 | 320×320 | 450×450 | 500×500 | 600×600 |
| Масса кг | 400 | 400 | 400 | 920 | 925 | 2200 | 3490 | 7250 |
| Цена, руб. (условно) | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 1600 | 2500 | 3500 | 5000 |

Электродвигатель трехфазный, короткозамкнутый на 220/380 В и АОЛ2-32-2 мощностью 4 кВт, $n$ = =3000 об/мин, масса 32 кг.

Холодопроизводительность агрегата при работе на фреоне-12 при температуре испарений — 15° С и температуре конденсации +30° С равна 6000 ккал/ч

Габариты агрегата, мм; $l$ = 1160; $b$ = 435; $h$ = 755.

Масса агрегата (сухой) — 210 кг.

Испарительная часть из 6 батарей настенного типа ИРСН-12,5 с общей наружной поверхностью 75 м².

Габариты одной испарительной батареи, мм: $l$ = 2040; $b$ = 160; $h$ = 450.

Масса — 33,6 кг.

Управление агрегатами всей холодильной установкой автоматическое.

Изготовитель — Мелитопольский завод им. 30-летия ВЛКСМ.

**Низкотемпературная сборно-разборная камера НКР-1**

Внутренняя температура (при $t$ окружающего воздуха 25° С):

в камере от —12 до —15° С

в тамбуре от 0 до —5° С

Полезная площадь: камеры — 3 м²; тамбура — 1,5 м².

Полезный внутренний объем: камеры 5,9 м³, тамбура 3,2 м³.

Размер дверей, мм: высота 1730, ширина 800.

Габариты, мм: $l$ = 3200; $b$ = 2260; $h$ = 2346.

Масса 1300 кг.

## *ПРИЛОЖЕНИЕ VII*

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ, РАЗОГРЕТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Подвижность бетонной смеси, разогретой электрическим током, определяется на вибровискозиметре, который представляет собой короб с внутренними размерами 200×200×200 мм (рис. 103). Его днище и две противоположные стенки изготовляются из токонепроводящего материала — текстолита, гетинакса и т. п. Две другие стенки выполняются из стали и используются в качестве пластинчатых электродов. На их внутренних поверхностях предусмотрены вертикальные пазы, в которых свободно перемещается перегородка, изготовленная также из токопроводящего материала. В пазах стенок-электродов устроены сквозные отверстия с резьбой для винтов, которые могут фиксировать перегородку в любом положении по высоте. Боковые поверхности и днище короба утеплены, например дощечками толщиной 25 мм

Перед испытанием прибор устанавливается на лабораторный вибростол и перегородка фиксируется в крайнем нижнем положении боковыми винтами В одну из двух полостей загружается бетонная смесь в 2 слоя со штыковкой каждого по 25 раз с помощью сталь-

ного стержня диаметром 16 мм. Верхняя поверхность смеси заглаживается мастерком вровень с кромками короба. В зависимости от имитируемых условий электроразогрева смеси на производстве верхнюю поверхность смеси в вибровискозиметре можно оставить открытой или укрыть пленкой или пластинкой из текстолита.

К стенкам-электродам подводится напряжение, величина которого регулируется с помощью лабораторного трансформатора («Латр») для осуществления разогрева по заданному режиму. Температура смеси измеряется техническим термометром.

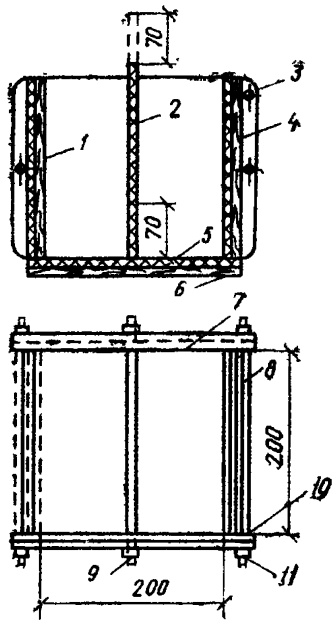



**Рис. 103. Вибровискозиметр для определения удобоукладываемости и удельного электрического сопротивления бетонной смеси при электроразогреве**

*1, 2, 5* — соответственно стенка, перегородка и поддон из токонепроводящего материала; *3* — болт для присоединения проводов от «Латра»; *4, 6* — теплоизоляция; *7* — стальная стенка-электрод; *8* — стяжка-шпилька; *9*— винт для фиксации перегородки; *10, 11*—шайба и втулка из токонепроводящего материала

С помощью вибровискозиметра в процессе разогрева смеси определяется и ее удельное электрическое сопротивление по схеме «амперметр — вольтметр» (см приложение IX). При определении ρ в вибровискозиметре его величина вычисляется по формуле

$$\rho = 10\frac{U}{I},$$

где $U$ — показания вольтметра, В;
$I$ — показания амперметра, А.

По окончании электроразогрева напряжение отключают. Перед определением укладываемости среднюю перегородку поднимают на 40—70 см в зависимости от подвижности смеси и максимального размера заполнителя, фиксируют стопорными винтами, после чего включают вибростол. Смесь начинает поступать через щель под перегородкой в соседнюю полость короба Продолжительность перетекания смеси до совпадения ее уровня в обеих полостях измеряется секундомером и характеризует укладываемость смеси. Обработку полученных результатов применительно к осадке конуса смеси или ее жесткости производят по данным тарировки вибровискозиметра на холодных смесях разной подвижности с одновременным определением укладываемости по техническому вискозиметру или стандартному конусу.

**Содержание в растворах безводных солей NaCl, $CaCl_2$, $NaNO_2$, $K_2CO_3$, $Ca(NO_3)_2$, нитрит-нитрата кальция и ННХК, их плотность и температура замерзания**

| Плотность раствора при 20° С, кг/м³ | Температурный коэффициент плотности А | Содержание безводных солей, кг | | | Температура замерзания, °С |
|---|---|---|---|---|---|
| | | в 1 л раствора | в 1 кг раствора | в 1 л воды | |
| NaCl — хлористый натрий | | | | | |
| 1,013 | 0,00024 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | —1,2 |
| 1,056 | 0,00034 | 0,084 | 0,08 | 0,087 | —5,2 |
| 1,101 | 0,00042 | 0,154 | 0,14 | 0,163 | —10,1 |
| 1,14 | 0,00048 | 0,217 | 0,19 | 0,235 | —15,3 |
| 1,172 | 0,00052 | 0,27 | 0,23 | 0,299 | —21,1 |
| $CaCl_2$ — хлористый кальций | | | | | |
| 1,032 | 0,00025 | 0,041 | 0,04 | 0,042 | —2,0 |
| 1,084 | 0,00031 | 0,108 | 0,10 | 0,111 | —5,7 |
| 1,120 | 0,00035 | 0,157 | 0,14 | 0,163 | —9,5 |
| 1,168 | 0,00041 | 0,222 | 0,19 | 0,235 | —15,9 |
| 1,293 | 0,00053 | 0,401 | 0,31 | 0,449 | —5,5 |
| $NaNO_2$ — нитрит натрия | | | | | |
| 1,024 | 0,00027 | 0,041 | 0,04 | 0,042 | —1,8 |
| 1,078 | 0,00039 | 0,129 | 0,12 | 0,136 | —5,8 |
| 1,129 | 0,00049 | 0,214 | 0,19 | 0,235 | —10 |
| 1,176 | 0,00060 | 0,293 | 0,25 | 0,333 | —15,7 |
| 1,198 | 0,00065 | 0,336 | 0,28 | 0,391 | —19,6 |
| $K_2CO_2$ — поташ | | | | | |
| 1,035 | 0,00027 | 0,041 | 0,04 | 0,042 | —1,3 |
| 1,129 | 0,00039 | 0,158 | 0,14 | 0,163 | —5,4 |
| 1,211 | 0,00046 | 0,266 | 0,22 | 0,282 | —10,3 |
| 1,265 | 0,00049 | 0,341 | 0,27 | 0,369 | —15,1 |
| 1,321 | 0,00052 | 0,423 | 0,32 | 0,47 | —21,5 |
| 1,344 | 0,00053 | 0,457 | 0,34 | 0,515 | —24,8 |
| 1,39 | 0,00054 | 0,528 | 0,38 | 0,613 | —32,5 |

| Плотность раствора при 20° С, кг/м³ | Температурный коэффициент плотности А | Содержание безводных солей, кг | | | Температура замерзания, °С |
|---|---|---|---|---|---|
| | | в 1 л раствора | в 1 кг раствора | в 1 л воды | |
| **$Ca(NO_3)_2$ — нитрат кальция** | | | | | |
| 1,04 | 0,00029 | 0,058 | 0,053 | — | —1,7 |
| 1,12 | 0,00041 | 0,170 | 0,150 | — | —5,1 |
| 1,20 | 0,00046 | 0,285 | 0,237 | — | —10,1 |
| 1,26 | 0,00050 | 0,380 | 0,300 | — | —15,6 |
| 1,36 | 0,00056 | 0,536 | 0,393 | — | —21 6 |
| 1,42 | 0,00059 | 0,620 | 0,427 | — | —28,2 |
| **$Ca(NH_2)_2$ — мочевина** | | | | | |
| 1,015 | 0,00024 | 0,058 | 0,047 | — | —2 |
| 1,050 | 0,00030 | 0,182 | 0,173 | — | —5,6 |
| 1,085 | 0,00036 | 0,305 | 0,297 | — | —8,3 |
| **Нитрит-нитрат кальция** | | | | | |
| 1,103 | — | 0,132 | 0,120 | 0,136 | — |
| 1,149 | — | 0,207 | 0,180 | 0,219 | — |
| 1,205 | — | 0,289 | 0,240 | 0,303 | — |
| 1,255 | — | 0,377 | 0,300 | 0,428 | — |
| **Нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК)** | | | | | |
| 1,105 | — | 0,133 | 0,120 | 0,136 | — |
| 1,157 | — | 0,208 | 0,180 | 0,220 | — |
| 1,210 | — | 0,290 | 0,240 | 0,316 | — |
| 1,263 | — | 0,379 | 0,300 | 0,428 | — |

Примечание. При необходимости учет плотности раствора и количества содержащейся в нем соли при температурах, отличающихся от 20° С, производится по формулам:

$$d_t = d_{20} - A\,(t - 20); \qquad m_t = m_{20} \cdot d_t : d_{20},$$

где $d_t$ — плотность раствора при требуемой температуре;
$d_{20}$ — плотность раствора при 20° С;
$A$ — температурный коэффициент плотности;
$m_t$ — содержание соли в 1 л раствора при требуемой температуре, кг;
$m_{20}$ — содержание соли в 1 л раствора при 20° С, кг;
$t$ — температура раствора, °С.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА И БЕТОННОЙ СМЕСИ

Определение удельного электрического сопротивления бетона или бетонной смеси производится на образцах-кубах с размером ребра 20 см. Бетонная смесь заданного состава уплотняется глубинным вибратором или укладывается без уплотнения (при разогреве смеси) в деревянной форме, два противоположных борта которой обшиваются изнутри кровельной сталью и служат электродами. Свободная поверхность бетона укрывается пароизоляцией и утеплителем

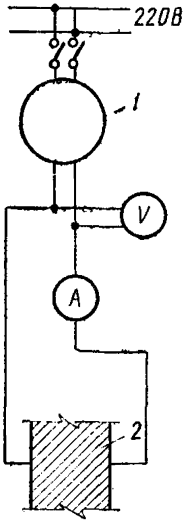



**Рис. 104. Схема «амперметр — вольтметр» для определения удельного электрического сопротивления бетона и бетонной смеси**

*1* — латр; *2* — бетонный образец

Предварительное выдерживание бетона или смеси перед началом прогрева (разогрева) должно быть таким же, как и в натурных условиях. Температура бетона или смеси перед подачей напряжения на электроды должна соответствовать температуре в производственных условиях и составлять от +3 до +5° С. Прогрев образца осуществляется путем пропускания через бетон или смесь переменного тока. Заданный температурный режим выдерживается путем регулирования напряжения на электродах с помощью лабораторного трансформатора («Латр-1», «Латр-2» и т. п.).

Измерение электрического сопротивления бетона производится по схеме «амперметр — вольтметр» (рис. 104).

Удельное сопротивление ρ вычисляется по формуле

$$\rho = 20\frac{U}{I}, \qquad (1)$$

где $U$ — показания вольтметра, В;

$I$ — показания амперметра, А.

После начала прогрева удельное сопротивление уменьшается от начальной величины до минимальной, затем начинает расти После достижения минимальной величины ρ прогрев образца и измерения следует продолжать для более надежного фиксирования минимума на кривой удельного сопротивления.

Расчетная величина удельного электрического сопротивления вычисляется как среднее арифметическое величин начального и минимального удельного сопротивления

$$\rho_{\text{расч}} = \frac{\rho_{\text{нач}} + \rho_{\text{мин}}}{2}. \qquad (2)$$

Величину $\rho_{расч}$ необходимо определять по результатам не менее чем трех опытов.

*ПРИЛОЖЕНИЕ X*

## СОСТАВ ПАСТЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ И ОПАЛУБКИ ОТ ЗАТВЕРДЕВШЕГО БЕТОНА

| | |
|---|---|
| Соляная кислота | 60—70% |
| Хлористый натрий | 20—40% |
| Уротропин (ингибитор) | 2% |

Паста приготовляется путем перемешивания двух составов

**1-й состав**

| | |
|---|---|
| Соляная кислота (уд. масса 1,19) | 33,5% |
| Уротропин | 2% |
| Волокнистый наполнитель (распушенная бумага, солома, камыш) | 4% |
| Вода | 34% |

**2-й состав**

| | |
|---|---|
| Растворимое стекло (уд. масса 1,45—1,5) | 7,5% |
| Вода | 15% |
| Хлористый натрий | 5% |

Паста разработана институтом ЦНИИЭП жилища,

## ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ И ТРЕБОВАНИЯ К НЕМУ

Таблица 1

**Требования к бетонам различного назначения, изготовленным на пористых заполнителях**

| Вид бетона | Назначение бетона | Объемная масса бетона в высушенном состоянии, кг/м³ | Коэффициент теплопроводности бетона в сухом состоянии при 25±5° С, ккал / м ч·град | Морозостойкость в циклах, не менее | Структура бетона | Проектная марка легкого бетона по прочности при сжатии, кгс/см² | Наличие арматуры |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Конструкционный | Для несущих конструкций | 1300—1800 | Не нормируется | По методике ГОСТ 10060—62, не менее 50 | Плотная | 150—500 | С арматурой и без нее |
| Конструкционно-теплоизоляционный | Для ограждающих однослойных конструкций | 600—1700 | 0,15—0,55 | По методике ГОСТ 7025—67, не менее 25 | Плотная и поризованная с песком | 25—100 | То же |
| | | | | | Поризованная без песка | 25—75 | То же |
| | | | | | Неплотная и крупнопористая | 15—75 | Без арматуры |
| Теплоизоляционный | Для теплоизоляции многослойных конструкций | 200—600 | До 0,15 | Не нормируется, но в отдельных случаях указывается в рабочих чертежах | Плотная и поризованая | 3—25 | С арматурой и без нее |
| | | | | | Неплотная и крупнопористая | 3—15 | Без арматуры |

Примечания: 1. Бетоны марок 300 и выше на природных пористых заполнителях, а также на шлаковой пемзе и аглопорите могут иметь объемную массу до 2000 кг/м³.

2 При технико-экономическом обосновании допускается применять поризованные бетоны с песком, имеющие проектную марку по прочности при сжатии 150.

Таблица 2

**Данные для назначения расхода портландцемента в исходном опытном бетонном замесе с жесткостью 20—30 с, предназначенного для плотного легкого бетона, приготовленного на пористом песке и крупном пористом заполнителе с предельной крупностью зерен 20 мм**

| Проектная марка легкого бетона по прочности при сжатии (по ГОСТ 11050—64) | Рекомендуемая марка цемента | Расход цемента в кг на 1 м³ уложенного бетона при марке крупного пористого заполнителя по прочности (ГОСТ 9757—73) не менее | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 25 | 35 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| 5 | 300 | 150 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 300 | 170 | 160 | 150 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15 | 300 | 190 | 180 | 170 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25 | 300 | 210 | 200 | 190 | 170 | — | — | — | — | — | — | — |
| 35 | 300 | 230 | 220 | 210 | 190 | — | — | — | — | — | — | — |
| 50 | 300 | — | 240 | 230 | 210 | 190 | — | — | — | — | — | — |
| 75 | 300 | — | — | 250 | 230 | 210 | 190 | — | — | — | — | — |
| 100 | 300 | — | — | — | 250 | 230 | 210 | 190 | — | — | — | — |
| 150 | 400 | — | — | — | 300 | 280 | 260 | 240 | 220 | — | — | — |
| 200 | 400 | — | — | — | — | 340 | 320 | 300 | 280 | 260 | — | — |
| 250 | 400 | — | — | — | — | — | 380 | 360 | 340 | 320 | 300 | — |
| 300 | 500 | — | — | — | — | — | — | 430 | 410 | 390 | 370 | 350 |
| 350 | 500 | — | — | — | — | — | — | — | 480 | 460 | 440 | 420 |
| 400 | 500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 530 | 520 | 500 |

Примечание. Для армированных изделий расход цемента должен быть не менее 200 кг/м³ и может быть снижен только после проведения исследований по стойкости бетона и арматуры в нем. При наличии слабоагрессивной среды и в помещениях с относительной влажностью воздуха 60—75% расход цемента должен составлять не менее 250 кг/м³, в среднеагрессивной среде и в помещениях с относительной влажностью воздуха более 75% — не менее 300 кг/м³.

*Продолжение прил. XI*

Таблица 3

**Данные для назначения расхода портландцемента марки 300 в исходном опытном бетонном замесе, предназначенного для поризованного, неплотного (малопесчаного) и крупнопористого легкого бетона, приготовленного на крупном пористом заполнителе с предельной крупностью зерен 20 мм и на пористом песке или без него**

| Проектная марка легкого бетона по прочности при сжатии по ГОСТ 11050—64 | Расход цемента в кг на 1 м³ уложенного бетона | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Поризованного с песком и неплотного (малопесчаного) при марке крупного пористого заполнителя по прочности (ГОСТ 9757—73), не менее | | | | | | | | Крупнопористого и поризованного без песка при марке крупного пористого заполнителя по прочности, не менее | | | | | | | | |
| | 25 | 35 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 200 | 25 | 35 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 |
| 5 | 170 | 160 | 150 | — | — | — | — | — | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 | 180 | 170 | 160 |
| 10 | 190 | 180 | 170 | — | — | — | — | — | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 | 180 | 170 |
| 15 | 210 | 200 | 190 | 180 | — | — | — | — | 270 | 260 | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 |
| 25 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 | — | — | — | 290 | 280 | 270 | 260 | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 |
| 35 | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 | — | 310 | 300 | 290 | 280 | 270 | 260 | 250 | 240 | 230 |
| 50 | — | 260 | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 330 | 320 | 310 | 300 | 290 | 280 | 270 | 260 | 250 |
| 75 | — | — | 270 | 260 | 250 | 240 | 230 | 220 | 350 | 340 | 330 | 320 | 310 | 300 | 290 | 280 | 270 |
| 100 | — | — | — | 290 | 280 | 270 | 260 | 250 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Примечания: 1. В табл. 3 приведены расходы цемента для плотного и поризованного бетона на пористом песке с жесткостью бетонной смеси 20—30 с.

2. Для армированных конструкций, эксплуатируемых в неагрессивных средах, расход цемента должен быть не менее 220 кг/м³ и может быть снижен только после проведения исследований по стойкости бетона и арматуры в нем. При наличии слабоагрессивной среды и в помещениях с относительной влажностью воздуха 60—75% расход цемента должен составлять не менее 275 кг/м³.

*Продолжение прил. XI*

Таблица 4

**Данные для назначения расхода заполнителей в исходном опытном бетонном замесе**

| Вид бетона | Требуемые марки легких бетонов по прочности при сжатии | Суммарный расход по объему смеси мелких и крупных заполнителей $V_з$ на 1 м³ уложенного бетона, л | | | | | | Предельная крупность пористого щебня или гравия, мм | Доля песка $r$ в объеме смеси мелкого и крупного заполнителя для | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | обычного при дозировании | | поризованного | | | | | обычного бетона при использовании | | | |
| | | отдельно песка и щебня (гравия) | отдельно 2 фракций песка и 2 фракций щебня (гравия) | без песка | с песком | пористого малопесчаного | крупнопористого | | пористого гравия | пористого щебня | пористого бетона | поризованного бетона с песком |
| Теплоизоляционный | 3—25 | 1500 | 1600 | 1000 | 1200 | 1250 | 1150 | 20<br>40 | 0,3—0,35<br>0,25—0,3 | 0,35—0,4<br>0,3—0,35 | До 0,1<br>То же | До 0,15<br>То же |
| Конструкционно-теплоизоляционный | 25—100 | 1450 | 1550 | 1100 | 1300 | 1350 | 1200 | 10<br>20<br>40 | 0,45—0,55<br>0,35—0,45<br>0,35—0,4 | 0,5—0,6<br>0,45—0,55<br>0,4—0,5 | До 0,2<br>То же<br>» | До 0,25<br>То же<br>» |
| Конструкционный | 150—500 | 1350 | 1450 | — | — | — | — | 10<br>20 | 0,5—0,6<br>0,4—0,5 | 0,55—0,65<br>0,45—0,55 | —<br>— | —<br>— |

Примечания: 1. Расходы пористых заполнителей указаны для случая, когда в процессе приготовления легкобетонной смеси они не дробятся и их зерновой состав меняется лишь в пределах до 5%.

2. Чтобы узнать расходы заполнителей по весу, полученные расходы заполнителей по объему пересчитываются следующим образом. Расход песка по массе $П$ равен произведению $r$ на $V_з$ и на объемную насыпную массу песка. Расход щебня (гравия) по объему равен $V_щ = V_з - rV_з$, а по массе расход щебня (гравия) определяется умножением величины $V_щ$ на его объемную насыпную массу.

3. Наименьшее значение доли песка $r$ в обычном бетоне соответствует наибольшей его марке, а наибольшее — наименьшей марке бетона.

*Продолжение прил. XI*

Таблица 5

**Данные для назначения расхода воды в исходном опытном бетонном замесе, приготовленном на крупном пористом заполнителе с предельной крупностью 20 мм**

| Удобоукладываемость бетонной смеси | | | Расход воды на 1 м³ уложенного бетона, л | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | обычного приготовленного на | | | | поризованного, приготовленного на | | пористого малопесчаного, приготовленного на | | крупнопористого, приготовленного на | |
| | | | пористом гравии | | пористом щебне | | | | | | | |
| осадка конуса, см | жесткость, с | отделимость цементного теста при вибрации, не более, с | пористом песке | плотном песке | пористом песке | плотном песке | пористом гравии и пористом песке | пористом щебне и пористом песке | пористом гравии и пористом песке | пористом щебне и пористом песке | пористом гравии | пористом песке |
| Более 15 | — | — | 250 | 220 | 280 | 250 | 230 | 260 | — | — | — | — |
| 15—3 | — | — | 235 | 205 | 260 | 230 | 215 | 240 | — | — | — | — |
| 3—1 | До 30 | — | 220 | 190 | 240 | 210 | 205 | 220 | — | — | — | — |
| 0 | 30—60 | — | 210 | 180 | 230 | 200 | 195 | 210 | — | — | — | — |
| 0 | 60—100 | 10 | 200 | 170 | 215 | 185 | — | — | 180 | 195 | — | — |
| 0 | Более 100 | 20 | 190 | 160 | 205 | 175 | — | — | 165 | 180 | 150—185 | 160—180 |

Примечания: 1. При использовании крупного пористого заполнителя с предельной крупностью зерен до 10 мм расход воды, указанный в таблице, увеличивается на 20 л, а при предельной крупности зерен до 40 мм уменьшается на 20 л.

2. При изготовлении поризованного беспесчаного бетона расход воды уменьшается на 30 л.

3. Расход воды для приготовления крупнопористого беспесчаного бетона более точно можно определить по формуле

$$B = \frac{N\text{Ц} + \text{Щ}W_{30}}{100},$$

где $N$ — нормальная густота цементного теста, %; $W_{30}$ — водопоглощение крупного заполнителя за 30 мин, %.

Таблица 6

**Расходы добавок для приготовления поризованных легких бетонов с пористым песком**

| Вид добавки | ГОСТ или ТУ | Расход добавки, кг/м³ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | на пористом гравии при объеме вовлеченного воздуха, % | | | | на пористом щебне при объеме вовлеченного воздуха, % | | | |
| | | до 6 | 6—12 | 13—20 | 21—25 | до 6 | 6—12 | 13—20 | 21—25 |
| **А. Пенообразователь** | | | | | | | | | |
| Клееканифольный | — | — | 1,1 | 1,6 | 2,2 | — | 1,3 | 1,8 | 2,4 |
| Смолосапониновый | — | — | 1,5 | 1,75 | 2 | — | 1,7 | 2 | 2,2 |
| ПО-6 | ГОСТ 9603—69 | — | 2 | 2,5 | 3 | — | 2,2 | 2,7 | 3,3 |
| **Б. Газообразователь** | | | | | | | | | |
| Пудра алюминиевая | ГОСТ 5494—71 | — | 0,7 | 0,9 | 1,1 | — | 0,8 | 1,1 | 1,3 |
| **В. Воздухововлекающая добавка** | | | | | | | | | |
| Омыленный древесный пек ЦНИПС-1 | ТУ 81-05-16-71 | 0,25 | 0,4 | — | — | 0,4 | 0,6 | — | — |
| Смола нейтрализованная воздухововлекающая СНВ | ТУ 81-05-75-60 | 0,3 | 0,5 | — | — | 0,5 | 0,7 | — | — |

Примечания: 1. При изготовлении легких бетонов без песка, поризованных пеной или газом, расход парообразующих добавок увеличивается на 10—15%.

2. Расход газообразователя и воздухововлекающих добавок указан из расчета на сухое вещество, а пенообразователей — в водном растворе состава 1 : 1.

3. При использовании в поризованном воздухововлекающими добавками бетоне плотного песка их расход уменьшается на 15—20%.

Таблица 7

**Расход добавок для регулирования структуры плотных легких бетонов и их смесей в зависимости от расхода цемента**

| Наименование добавки | ГОСТ или ТУ на добавку | Расход добавки в % от массы цемента при его расходе в кг/м³ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | до 200 | 200—300 | более 300 |
| Жидкость гидрофобизующая (кремнеорганическая) ГКЖ-94 | ГОСТ 10834—64 | 0,1—0,15 | 0,075—0,1 | 0,05—0,75 |
| То же, ГКЖ-10 и ГКЖ-11 | ТУ ТХЖ 11—66 | 0,1—0,2 | 0,08—0,15 | 0,05—0,1 |
| Сульфатно-дрожжевая бражка СДБ (ССБ) | ГОСТ 8518—57 и МРТУ 13—01—66 | 0,1—0,3 | 0,1—0,2 | 0,1—0,15 |
| Мылонафт | ГОСТ 13302—67 | 0,1—0,2 | 0,08—0,15 | 0,05—0,1 |
| Смола СНВ | ТУ 81—05—75—69 | 0,04—0,08 | 0,02—0,04 | 0,06—0,1 |
| Омыленный древесный пек ЦНИПС-1 | ТУ 81—05—16—71 | 0,04—0,08 | 0,02—0,04 | 0,06—0,12 |

Примечание. Расход СДБ, СНВ, ЦНИПС-1, ГКЖ-10 и ГКЖ-11 рассчитан на сухое вещество, а ГКЖ-94 и мылонафта — на исходное вещество 100%-ной концентрации.

*ПРИЛОЖЕНИЕ XII*

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОЖНОГО СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА *

Кольцо прибора Вика заполняют цементным тестом нормальной густоты (нормальная густота теста предварительно определяется согласно указаниям пп. 14—17 ГОСТ 310—60 «Цементы. Методы физических и механических испытаний») и устанавливают под пестиком прибора, оставляя пробу в покое в течение 5 мин, считая с момента окончания перемешивания. Затем, отвинтив закрепляющий винт, освобождают стержень и пестик свободно опускается в тесто Через 30 с с момента освобождения стержня производят отсчет глубины погружения по шкале.

Если за 30 с пестик погрузился в тесто на глубину менее 10 мм, признается, что цемент обладает ложным схватыванием.

* Ложным схватыванием цементного теста, а также бетонной смеси, приготовленной на нем, называют загустевание их после затворения, наступающее до начала схватывания цементного теста по ГОСТ 310—60.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОРЯДОК ПОДБОРА СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ДЛЯ БЕТОНИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ВПТ

1. Водоцементное отношение $\frac{В}{Ц}$, необходимое для получения заданной прочности бетона (с учетом 10% превышения), определяется по кривой $R=f\left(\frac{В}{Ц}\right)$, построенной по опытным затворениям (рис. 105).

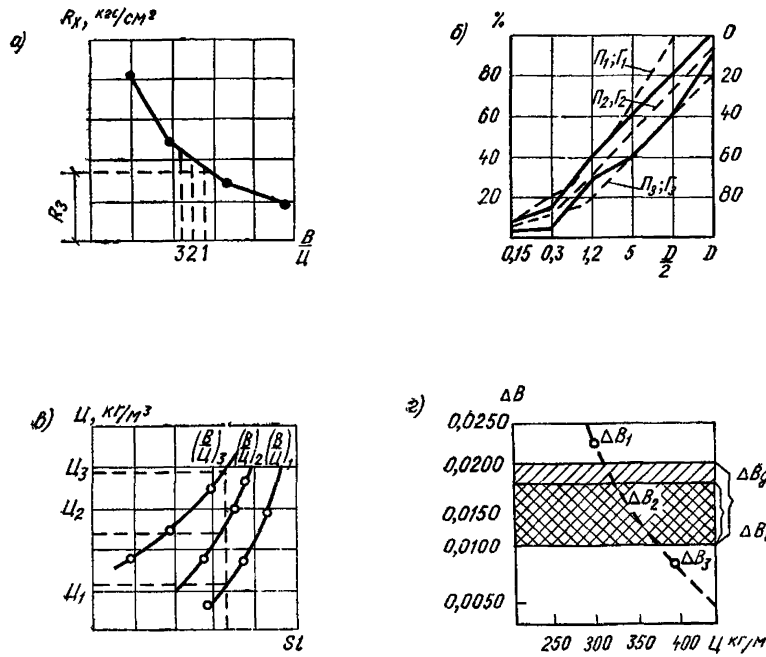



**Рис. 105. Последовательность операций при подборе состава бетона**

*а* — выбор водоцементного отношения; *б* — выбор состава смеси заполнителя; *в* — выбор смесей заданной осадки; *г* — выбор смеси заданной связности

Из двух величин водоцементного отношения, установленного в соответствии с заданной прочностью и требованиями СНиП I-В.3-62, как максимально допустимое для данных условий службы бетона, выбирается наименьшее, обозначаемое $\left(\frac{В}{Ц}\right)_р$.

2. Для дальнейшего подбора принимаются три значения водоцементного отношения:

$$\left(\frac{B}{Ц}\right)_1 = \left(\frac{B}{Ц}\right)_р; \quad \left(\frac{B}{Ц}\right)_2 = 0{,}97\left(\frac{B}{Ц}\right)_р; \quad \left(\frac{B}{Ц}\right)_3 = 0{,}94\left(\frac{B}{Ц}\right)_р.$$

3. Из выбранного крупного и мелкого заполнителей составляется смесь, кривая крупности которой наиболее приближается к рекомендуемым пределам (рис. 105, *б*).

4. На подобранной смеси заполнителей для каждого из трех значений водоцементного отношения методом последовательных приближений подбираются три бетонные смеси заданной осадки (рис. 105, *в*).

5. Полученные смеси испытываются на водоотделение; смесь, удовлетворяющая требованию $0{,}01 < \Delta B < 0{,}02$, принимается за рабочую (рис. 105, *г*).

Если все смеси отвечают указанному требованию, принимается смесь с наименьшим расходом цемента.

Примечания:

1. В случае когда все смеси имеют водоотделение более допускаемой величины, следует увеличить количество мелких фракций в смеси заполнителей, или применить мелкопомольную добавку, или заменить дозировку пластифицирующей добавки и уменьшить расход воды.

2. Если водоотделение меньше допускаемого, следует снизить расход вяжущего или количество мелких фракций в смеси.

3. Смесь рабочего состава затворяется в количестве, достаточном для определения показателя сохранения подвижности и изготовления шести образцов-кубов размером 200×200×200 мм. Образцы для испытания на прочность заливаются в формы в два слоя без штыкования с десятикратным легким постукиванием штыковкой по форме при укладке каждого слоя.

До испытаний образцы сохраняются:

а) при определении прочности (марки) бетона — в нормальных условиях;

б) при определении сроков распалубки — в воде при температуре воды — среды твердения конструкции.

*ПРИЛОЖЕНИЕ XIV*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЧЕСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ЛОТКЕ

1. Для испытания смеси применяется водонепроницаемый лоток (рис. 106), имеющий приемный бункер и рабочую часть, перекрываемую оргстеклом, через которое ведется наблюдение за распространением бетонной смеси.

2. При испытании бункер заполняется бетонной смесью рабочего состава, в которую погружают работающий вибратор с гибким валом, удерживая его на весу.

3. По мере распространения смеси в лотке бункер догружают смесью.

4. Отсчет времени ведется от начала вибрирования до прохождения смесью рабочей части лотка и заполнения его контрольной емкости.

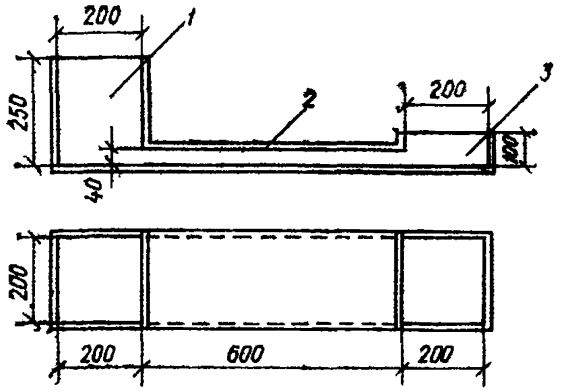



**Рис. 106. Лоток для определения текучести смеси**

*1*—приемный бункер; *2* — рабочая часть; *3* — контрольная емкость

*ПРИЛОЖЕНИЕ XV*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ РАСТВОРА

1. Для испытания раствора применяется водонепроницаемый лоток (рис. 107), имеющий одну из боковых стенок и крышку из оргстекла, а также приемный патрубок с воронкой.

2. Перед испытанием лоток смачивается и засыпается мокрым щебнем с крупностью зерен 40—50 мм на высоту 120—150 мм

3. В воронку приемного патрубка заливается раствор до высоты 100 мм, которая поддерживается подливом в течение 3 мин.

4. Подвижность раствора определяется величиной уклона его поверхности в заполнителе или разливом $R$ (обратным величине уклона), входящим в расчетную формулу величины радиуса действия труб при безнапорном бетонировании.

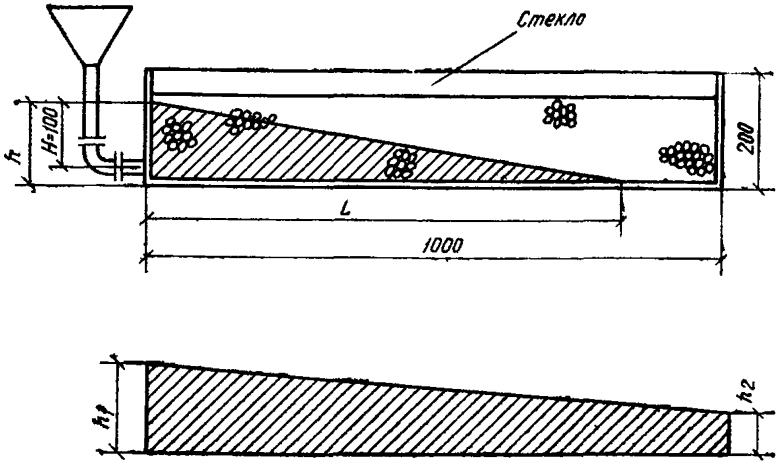



**Рис. 107. Лоток для испытания подвижности раствора**

**Технические характеристики питателей установок «пневмобетон»**

| Показатели | Марка базового серийного растворонасоса | | |
|---|---|---|---|
| | С-683 | С-684 | С-317Б |
| Производительность, м³/ч | До 2 | До 4 | До 6 |
| Максимальное рабочее давление, атм | 15 | 15 | 15 |
| Диаметр плунжера, мм | 80 | 80 | 110 |
| Ход плунжера, мм | 74 | 90 | 100 |
| Число ходов плунжера в 1 мин | 165 | 165 | 165 |
| Электродвигатель: | | | |
| тип | АОЛ2-31-4 | АОЛ2-32-4 | АО-52-4 |
| мощность, кВт | 2,2 | 3 | 7 |
| число оборотов в 1 мин | 1430 | 1460 | 1440 |
| Производительность вибросита, м³/ч | 4 | 4 | 8 |
| Внутренний диаметр транспортного трубопровода, мм | 38 | 50 | 65 |
| Ориентировочный расход сжатого воздуха, м³/мин | 5 | 6—9 | 9 |
| Ориентировочная дальность подачи, м: | | | |
| по горизонтали | 50 | 150 | 200 |
| по вертикали | 15 | 30 | 40 |
| Габаритные размеры, мм: | | | |
| длина | 1565 | 1565 | 1750 |
| ширина | 900 | 900 | 1200 |
| высота | 1500 | 1500 | 1740 |
| Масса, т | 0,4 | 0,5 | 0,8 |
| Изготовитель | Прилукский з-д строительных машин | | Скопинский з-д строительно-отделочных машин |

## СОДЕРЖАНИЕ


| | Стр. |
|---|---|
| Предисловие | 3 |
| 1. Общие положения | 4 |
| 2. Материалы для тяжелого бетона, его состав и методы определения | 6 |
| 3. Приготовление бетонной смеси | 13 |
| 4. Транспортирование бетонных смесей | 22 |
| 5. Укладка бетонной смеси | 40 |
| 6. Уход за бетоном и контроль качества | 95 |
| 7. Особенности производства бетонных работ в зимних условиях | 108 |
| 8. Бетонные работы с использованием смесей из пористых заполнителей | 186 |
| 9. Особенности производства бетонных работ в условиях сухого жаркого климата | 196 |
| 10. Подводное бетонирование конструкций | 204 |
| 11. Работы по торкретированию | 227 |
| 12. Правила техники безопасности при производстве бетонных работ | 238 |
| *Приложения* | 246 |

ЦНИИОМТП, НИИЖБ

**РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ РАБОТ**

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией А. С. Певзнер
Редактор Л. Н. Кузьмина
Мл. редактор Л. Н. Козлова
Технический редактор Т. В. Кузнецова
Корректоры Н. П. Чугунова, Н. О. Родионова

Сдано в набор 5/II—1975 г. Подписано в печать 5/V—1975 г.
Т-04499 16,8 усл. печ л. 21,31 уч.-изд. л. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага типографская № 2. Изд. № XII—5229. Заказ 52.
Тираж 54 000 экз. Цена 1 р. 07 к. Цена в суперобложке 1 р. 11 к.

*Стройиздат*
*103066, Москва, Каляевская, 23а*
Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

Гор. Владимир, ул. Победы д. 18-б.

gost.e-ecolog.ru