



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Технология строительного производства»

## Учебное пособие

по дисциплине

«Технология возведения высотных и большепролетных зданий и сооружений»

**«Технология возведения монолитных конструкций высотных зданий с применением высокотехнологичных бетонных смесей»**

Авторы  
Несветаев Г.В.,  
Корянова Ю.И.

Ростов-на-Дону, 2022

## Аннотация

Учебное пособие предназначено для студентов очной, заочной форм обучения специальностей 08.05.01, 08.04.01.

## Авторы

д.т.н., профессор «Технология строительного производства»

Несветаев Г.В.

к.т.н., доцент «Технология строительного производства»

Корянова Ю.И.



## Введение

В настоящее время ярким акцентом цивилизованных мегаполисов являются небоскребы – высотные здания, строительство которых вносит отдельный вклад в историю строительной отрасли. Стоит отметить, что современные небоскребы оказывают влияние не только на архитектурный облик крупных городов, а также на развитие строительной индустрии, что зачастую связано с необходимостью использования для возведения таких уникальных построек весьма оригинальных технологий и решений. На протяжении многих веков истории высотного строительства инженеры-строители сталкивались с проблемой недостатка научного знания или отсутствия необходимого материала, что препятствовало покорению новых высот в строительстве. Преодоление этих барьеров позволило реализовывать идеи и проекты, своей высотой будоражащие сознание. Такие проекты являются двигателями прогресса, оказывают огромное влияние на развитие и внедрение инновационных технологий.

Главной гарантией успеха при воплощении высотных проектов нередко является изучение и активное использование современных разработок. Сталкиваясь с материальной проблемой возведения высотных зданий, строители находят новые материалы, способствующие возведению более высоких зданий, а также улучшают уже имеющиеся. Так, в современном мире обычного бетона становится недостаточно для реализации проектов архитекторов и без современных технологий модификации монолитного бетона, обеспечивающих необходимую морозо-, огне-, ударостойкость и долговечность при агрессивных воздействиях, в высотном строительстве не обойтись. Таким образом, при строительстве большинства высотных зданий используются уникальные рецептуры бетонов.

Наряду с рецептурой расширить область применения бетона в высотном строительстве способствует использование современных опалубочных систем и систем комплексной механизации (для подачи и укладки бетонной смеси, для доставки материалов на монтажный горизонт), применение ускоренных методов возведения монолитных конструкций.

При проектировании высотных зданий решается комплекс градостроительных, архитектурно-планировочных, экономических, конструктивных, геологических, природно-климатических задач.

В процессе возведения монолитных высотных зданий основополагающей является совокупность организационных и технологических мероприятий, цель которых оптимизировать сроки производства работ, снизить их трудоемкость и обеспечить необходимое качество конструкций, а также выбрать их наиболее экономически оптимальные варианты.

Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий составляют комплекс сложных архитектурно-технических проблем. Для их решения нужен точный и всесторонний учет всех факторов, влияющих на формирование архитектуры высотного здания. Форма, пространство, функции, материалы, конструкции и техника должны взаимодействовать друг с другом и определять единую архитектурно-конструктивную и инженерно-техническую концепцию.

По мере роста строительной науки открывались новые возможности, решения, материалы, оснащение, что позволило в строительстве выйти на новые высоты. Высотное строительство в реалиях современного мира является ключевым звеном в развитии мегаполисов. Технологии и новшества, применяемые в строительстве небоскребов, являются актуальными, востребованными, имеющими тенденцию развития и необходимость улучшения.

## Термины и определения

**Арматурные работы** – совокупность технологических процессов по изготовлению арматурных изделий и монтажу арматурных конструкций.

**Бетонная смесь** – однородно перемешанная смесь вяжущего, заполнителей, воды, наполнителей и необходимых добавок, взятых в предписанном составе бетона соотношении.

**Бетонная смесь, приготовленная на стройплощадке** – бетонная смесь, изготавливаемая производителем работ на строительной площадке для собственного использования.

**Бетонная смесь заданного качества** – бетонная смесь, требуемые свойства которой и свойства бетона задаются производителю в договоре на поставку, при этом производитель несет ответственность за обеспечение этих требуемых свойств.

**Бетонная смесь заданного состава** – бетонная смесь, состав которой и используемые при приготовлении составляющие задаются в договоре на поставку производителю заказчиком.

**Бетонные работы** – совокупность технологических процессов по возведению монолитных железобетонных конструкций.

**Дробное введение пластификатора** – технологический прием, предусматривающий введение пластифицирующей добавки в состав бетонной смеси двумя частями.

*Примечание.* Первая часть общей дозы добавки вводится при приготовлении бетонной смеси, оставшаяся часть пластификатора вводится на объекте в бетоносмеситель с последующим перемешиванием и разгрузкой. В случае необходимости оставшаяся часть пластификатора может вводиться несколькими порциями.

**Марка бетонной смеси по удобоукладываемости** – один из основных показателей удобообрабатываемости бетонной смеси при укладке в форму или опалубку и при ее уплотнении.

*Примечание.* Марки бетонной смеси по удобоукладываемости установлены ГОСТ 7473-2010.

**Модуль поверхности** – отношение площади поверхности конструкции к ее объему.

**Монолитная бетонная конструкция** – элемент здания или сооружения, выполняемый из бетонной смеси непосредственно в проектном положении без рабочей арматуры.

**Монолитная железобетонная конструкция** – элемент здания или сооружения, выполняемый из бетонной смеси непосредственно в проектном положении с установкой рабочей арматуры.

**Опалубочные работы** – совокупность технологических процессов по изготовлению, транспортированию, монтажу и демонтажу опалубки.

**Сохраняемость бетонной смеси** – время с момента приготовления бетонной смеси, в течение которого бетонная смесь сохраняет марку по подвижности в пределах нормативных требований.

**Расслаиваемость бетонной смеси** – показатель, характеризующий способность бетонной смеси сохранять однородность при транспортировании, перегрузке, укладке и уплотнении.

**Однородность бетонной смеси** – показатель, характеризующий равномерность распределения компонентов бетонной смеси в ее объеме.

*Примечание.* Однородность бетонной смеси характеризует качество ее перемешивания.

**Связность бетонной смеси** – показатель, характеризующий способность бетонной смеси сохранять сплошность при деформировании.

*Примечание.* Связность бетонной смеси характеризует ее свойство заполнять форму или опалубку без разрывов.

**Перекачиваемость бетонной смеси** – показатель, характеризующий пригодность бетонной смеси к перекачиванию бетононасосами.

**Воздухововлечение** – показатель, характеризующий содержание в составе бетонной смеси вовлеченного воздуха в виде равномерно распределенных воздушных пузырьков.

**Рабочая арматура** – арматура, устанавливаемая в конструкции по результатам расчета.

**Степень уплотнения** – показатель, характеризующий качество уплотнения бетонной смеси, численно равный соотношению фактической средней плотности бетона к расчетной средней плотности при отсутствии межзерновых пустот по ГОСТ 10181-2014.

**Товарная бетонная смесь** – бетонная смесь, поставляемая потребителю ее изготовителем.

*Примечание.* Товарная бетонная смесь является полуфабрикатом, используемым для изготовления монолитных бетонных и железобетонных конструкций.

**Надлежащая степень надежности** – установленная нормативно вероятность конструкции выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени.

**Удобообрабатываемость бетонной смеси** – интегральный качественный показатель, характеризующий переработку бетонной смеси при переукладке, укладке и уплотнении с минимальными трудо- и энергозатратами.

## **1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Любое общество как исторически конкретный тип социальной системы находит свое отражение в архитектуре зданий, конструкторских и инженерных решениях, методах возведения, применяемых материалах и технологиях строительства. Повышение жизненного уровня, концентрация населения в крупных мегаполисах, природоохранные мероприятия определяют необходимость увеличения этажности зданий.

Строительство высотных зданий является импульсом для разработки комбинированных конструкций, развития новых технологий производства и строительства, создания более мощных монтажных механизмов, применения новых высококачественных материалов.

По современной классификации высотным является здание высотой от 75 до 150 м. Для классификации зданий был принят критерий высоты в метрах, а не этажности, поскольку высоты этажей принимаются различными в зависимости от назначения здания и требований национальных норм проектирования. Высотные здания могут иметь разное назначение: гостиницы, офисы, жилые дома. Чаще всего высотное здание является многофункциональным: в нем, помимо помещений основного назначения, размещаются автостоянки, магазины, офисы, кинотеатры и др.

За период проектирования и строительства высотных зданий, в том числе небоскребов, в мире накоплен большой теоретический и практический опыт, выявлены основные проблемы по всем направлениям их создания и эксплуатации. Развитие высотного строительства в России выделило ряд проблем, требующих обязательного рассмотрения и решения:

- несовершенство нормативной базы;
- недостаток опыта в проектировании и строительстве высотных комплексов;
- нехватка квалифицированных строителей;
- необходимость обоснования градостроительной и функционально-типологической целесообразности возведения;

- недопустимость отклонения от утвержденных проектных решений и изменения этажности сооружений в процессе строительства;
- необходимость определения предельно допустимой этажности (высотности);
- определение правильного выбора конструктивной системы, схемы и проектных решений с учетом предотвращения потери устойчивости основания и самого сооружения, приводящей к разрушению и обрушению конструкций;
- сложность создания необходимого функционального взаимодействия жилых и нежилых зданий и сооружений с транспортной и обслуживающей инфраструктурой города;
- необходимость обоснования требуемой вместимости подземных, наземных и надземных автостоянок личного транспорта и их рационального размещения;
- требования эффективной минимизации угроз внешней и внутренней опасности разрушения здания за счет создания специальной службы безопасной эксплуатации;
- необходимость организации требуемой пожарной и эвакуационной безопасности людей, находящихся в высотных зданиях;
- рациональная эффективность современных инженерных решений по жизнеобеспечению и оснащенности здания, энергосбережению и комфортности обслуживания.

Но, несмотря на ряд объективных трудностей, интерес к развитию высотного строительства существует. Его внедрение в крупнейших городах диктуется реальным дефицитом территорий для строительства, отчасти дефицитом офисных и гостиничных площадей, которые, как показывает международный опыт, рационально размещать именно в высотных зданиях. В ближайшей перспективе следует ожидать такой направленности развития строительства небоскребов – с отказом от размещения в них жилищ для постоянного пребывания.

Поскольку Россия приступила к внедрению высотного строительства с существенным отставанием, полезно ознакомиться с опытом других стран по решению основных проблем высотного строительства за рубежом. Для отечественной практики наиболее ценным представляется опыт градостроителей европейских столиц, в первую очередь:

- последовательная концентрация сил на крайне ограниченном числе участков;
- подчинение проектирования застройки принципам интегрированного урбанизма с комплексностью застройки и размещением транспортных сетей в нескольких уровнях;
- обеспечение комплексности застройки за счет сочетания объектов разного функционального назначения в зданиях, объемно-планировочное решение которых наиболее гармонично отвечает их функции, что означает в первую очередь сочетание в комплексной застройке зданий различного назначения;
- сочетание в застройке широкой номенклатуры зданий (офисы, отели, общественное обслуживание, учебно-воспитательные учреждения, торговля, развлечения и спорт) в целях создания обширного круга рабочих мест для большей части населения комплекса и его полноценного обслуживания.

### *Конструктивные схемы высотных зданий*

Конструирование высотных зданий имеет свою специфику с точки зрения объемной формы, пропорций, выбора конструктивных систем и элементов зданий. Конструктивная система высотного здания представляет собой взаимосвязанную совокупность его вертикальных и горизонтальных несущих конструкций, совместно обеспечивающих прочность, жесткость и устойчивость сооружения (рис. 1.1).

Горизонтальные конструкции – перекрытия и покрытия здания, которые воспринимают приходящиеся на них вертикальные и горизонтальные нагрузки и воздействия, передавая их поэтажно на вертикальные несущие конструкции. Последние передают эти нагрузки и воздействия через фундаменты основанию. Горизонтальные несущие конструкции высотных зданий, как правило, однотипны, обычно представляют собой жесткий несгораемый диск – железобетонный (монолитный, сборно-монолитный, сборный), либо сталежелезобетонный.

Вертикальные несущие конструкции более разнообразны. Различают стержневые (каркасные) несущие конструкции, плоскостные (стеновые, диафрагмовые), внутренние объемно-пространственные

стержни с полым сечением на высоту здания (стволы жесткости), объемно-пространственные наружные конструкции на высоту здания в виде тонкостенной оболочки замкнутого сечения. Учитывая вид вертикальных несущих конструкций можно выделить четыре основные конструктивные системы высотных зданий: каркасную (рамную), стеновую (бескаркасную, диафрагмовую), ствольную и оболочковую.

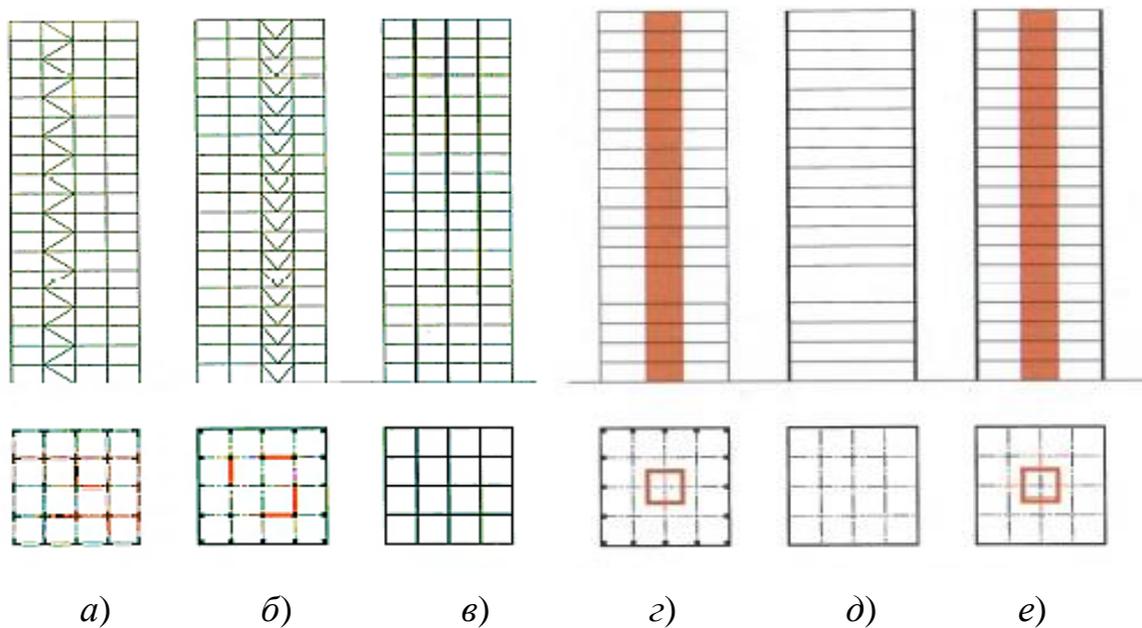


Рис. 1.1. Конструктивные схемы здания:

- а* – рамно-связевая; *б* – каркасная с диафрагмами жесткости;
- в* – бескаркасная с перекрестно-несущими стенами; *г* – ствольная;
- д* – коробчатая (оболочковая); *е* – ствольно-коробчатая («труба в трубе» или «труба в ферме»)

Основные системы ориентированы на восприятие всех силовых воздействий одним типом несущих элементов. Наряду с основными широко применяют и комбинированные конструктивные системы. В комбинированной системе могут сочетаться несколько типов вертикальных несущих элементов (плоскостных, стержневых, объемно-пространственных) и схем их работы (например, рамно-связевая или связевая). При таких сочетаниях полностью или частично дифференцируется восприятие нагрузок и воздействий (например, при горизонтальных – стенами жесткости, а при вертикальных – каркасом). Такое разделение часто позволяет упростить построочные работы или более

четко увязать конструктивную систему с планировочной. Соответственно количество возможных вариантов комбинированных систем весьма обширно.

Выбор той или иной конструктивной системы зависит от многих факторов, основными из которых считаются высота здания, условия строительства (сейсмичность, грунтовые особенности, атмосферные воздействия, особенно ветровые), архитектурно-планировочные требования. Главным приоритетом в проектировании и строительстве высотных зданий является обеспечение их прочности и устойчивости, а также жесткости с учетом воздействия значительных ветровых усилий.

Мировая практика высотного строительства выявила один из самых сложных аспектов для несущих вертикальных конструкций из железобетона – неравномерное их укорачивание под действием нагрузки. Данная неравномерность усиливается при разной площади поперечного сечения конструктивных элементов – стен и колонн. Опыт проектирования и строительства высотных зданий в Москве в разные периоды также вскрыл существенные недостатки в части необходимой надежности высотного строительства. Это требует поиска новых технических и технологических решений.

В связи со значительной разницей в нагрузках на несущие элементы зданий, например на колонны каркаса, в нижних этажах высоток необходимо сечение колонн больших размеров. Однако это усложняет технологию возведения сооружений, так как требует изменения применяемой опалубки. Один из серьезных недостатков высотных каркасных зданий – противоречие между необходимостью установить расчетное количество диафрагм жесткости и объемно-планировочным решением. Кроме того, размещая диафрагмы жесткости только в габаритах здания, приходится вводить ограничения по их высоте, так как жесткость этих диафрагм бывает недостаточной. Помимо жесткости диафрагм обязательна их пригрузка прилегающими конструкциями, обусловленная необходимостью учета горизонтальной (ветровой) нагрузки. При традиционных конструктивных решениях высотных зданий пригрузка диафрагм жесткости осуществляется только половинной нагрузкой прилегающих к диафрагмам пролетов каркаса, что снижает возможности увеличения высоты.

Основное требование к конструктивной системе высотного здания – надежность каждого конструктивного элемента, устойчивость к

прогрессирующему обрушению при локальных повреждениях несущих конструкций, авариях инженерных систем, пожарах, взрывах и т. п. Компоновка здания должна предоставлять возможность принимать необходимые габариты диафрагмам жесткости максимально загруженными вертикальными нагрузками. При его возведении следует предусмотреть использование ограниченного комплекта опалубки.

Вышеперечисленные конструктивные решения возможно усовершенствовать с помощью внедрения в них следующих технологий:

- возведение несущих колонн выполнять из трубобетона;
- монтаж плит перекрытий осуществлять методом подъема;
- выполнение плит перекрытий с армированием нижней растянутой зоны производить листовой сталью (внешнелистовое армирование).

## **2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИИ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

При выборе рационального варианта возведения монолитного здания следует исходить из следующих предпосылок:

- подачу бетона в конструкции следует осуществлять бетононасосом с использованием бетонораспределительной стрелы; при выборе места установки бетононасоса следует учитывать рекомендации производителей бетононасосов (для надежной подачи бетона горизонтально участок трубопровода должен составлять около  $1/3$  вертикального участка);
- укладку бетона осуществлять в инвентарную опалубку различных типов, в том числе самоподъемную, подъемно-переставную и алюминиевую облегченную опалубку;
- самоподъемную или подъемно-переставную опалубку для ограждения верхнего этажа здания использовать по всему периметру для защиты работающих от ветра, создания теплового контура зимой и сокращения опасной зоны работы крана;
- прогрев бетона в зимнее время выполнять, в основном, с помощью греющих проводов;
- совмещать бетонирование с производством других видов работ на нижележащих перекрытиях по специально разрабатываемым графикам, учитывающим безопасное выполнение работ (вышележащие

перекрытия должны быть рассчитаны проектной организацией на ударную нагрузку от возможного падения поднимаемого груза).

Конструкции монолитные бетонные и железобетонные в промышленном и гражданском строительстве используются при возведении фундаментов, подземных частей зданий и сооружений, стен, колонн, перекрытий и ядер жесткости зданий, в том числе повышенной этажности, и других конструкций.

Конструкции всех типов должны исключать возможности:

- разрушения отдельных несущих строительных конструкций или их частей;
- разрушения всего здания, сооружения или их части;
- деформации недопустимой величины строительных конструкций;
- повреждения части здания или сооружения, сетей или систем инженерно-технического обеспечения в результате деформации, перемещений, либо потери устойчивости несущих строительных конструкций, в том числе отклонений от вертикальности в процессе строительства и эксплуатации.

В необходимых случаях конструкции должны иметь характеристики, обеспечивающие требования по теплоизоляции, звукоизоляции, биологической защите и др. Также конструкции должны соответствовать дополнительным требованиям заказчика, указанным в рабочих чертежах. Для удовлетворения требованиям по безопасности законченные конструкции должны иметь такие характеристики, чтобы с надлежащей степенью надежности при различных расчетных воздействиях в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений были исключены разрушения любого характера или нарушения эксплуатационной пригодности, связанные с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу и окружающей среде. Для удовлетворения требованиям по эксплуатационной пригодности законченные конструкции должны иметь такие характеристики, чтобы с надлежащей степенью надежности при различных расчетных воздействиях не происходило образование или раскрытие трещин и не возникали перемещения сверх допустимых значений, установленных сводами правил СП 63.13330.2018 и СП 52-103-2007, а также не образовывались колебания и другие повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию.

Требования по отсутствию трещин предъявляются к следующим конструкциям:

– железобетонные конструкции, у которых должна быть обеспечена непроницаемость при полностью растянутом сечении, например железобетонные конструкции под давлением жидкостей или газов, под воздействием радиации и т. п.

– уникальные конструкции, к которым предъявляют повышенные требования по долговечности;

– конструкции, эксплуатируемые при воздействии агрессивной среды.

В остальных железобетонных конструкциях образование трещин допускается, и к ним предъявляются требования по ограничению ширины раскрытия трещин. Для удовлетворения требованиям долговечности законченные конструкции должны иметь такие начальные характеристики, чтобы в течение установленного длительного времени они удовлетворяли требованиям по безопасности и эксплуатационной пригодности с учетом влияния на геометрические характеристики конструкций и механические характеристики материалов различных расчетных воздействий.

Безопасность, эксплуатационная пригодность, долговечность конструкций и другие, устанавливаемые заданием на проектирование, требования должны быть обеспечены выполнением:

- требований к бетону и его составляющим;
- требований к арматуре;
- требований к расчетам конструкций;
- конструктивных требований;
- технологических требований;
- требований по эксплуатации.

Требования по нагрузкам и воздействиям, по пределу огнестойкости, по непроницаемости, по морозостойкости, по предельным показателям деформаций (прогибам, перемещениям, амплитуде колебаний), по расчетным значениям температуры наружного воздуха и относительной влажности окружающей среды, по защите конструкций от воздействия агрессивных сред и др. устанавливаются соответствующими сводами правил: СП 20.13330.2016, СП 14.13330.2018,

СП 28.13330.2017, СП 112.13330.2011, СП 22.13330.2016, СП 35.13330.2011, СП 131.13330.2020, СП 40.13330.2012. Геометрические параметры законченных конструкций по допускаемым отклонениям должны соответствовать приведенным в нормах значениям, а показатели прочности, морозостойкости и водонепроницаемости должны соответствовать проектным.

Поверхности конструкций должны соответствовать требованиям, установленным в проектной документации. Фактические размеры раковин, местных наплывов, впадин и сколов бетона на бетонных поверхностях не должны превышать значений по таблице 2 ГОСТ 13015-2012. На поверхности конструкций не допускается обнажение рабочей и конструктивной арматуры, за исключением арматурных выпусков, предусмотренных в рабочих чертежах. Открытые поверхности стальных закладных деталей, выпуски арматуры должны быть очищены от наплывов бетона или раствора. На лицевых поверхностях монолитных конструкций, предназначенных под окраску, не допускаются жировые и ржавые пятна. Качество рельефных и т. п. поверхностей, не подлежащих дальнейшей отделке (например, окраске, оклейке, облицовке и т. п.), должно соответствовать требованиям проектной документации. В монолитных несущих конструкциях не допускаются трещины, за исключением усадочных и других поверхностных технологических трещин, ширина которых не должна превышать 0,2 мм и 0,1 мм для конструкций:

- подвергаемых попеременному замораживанию и оттаиванию в водонасыщенном состоянии или в условиях эпизодического водонасыщения;
- предназначенных для эксплуатации в агрессивной среде;
- колонн и стоек.

При отклонении качества готовых конструкций от требований проекта по показателям геометрических размеров, качества бетона, параметров армирования, расположения закладных деталей, качества поверхности дополнительные меры по обеспечению качества должны быть согласованы с проектной организацией.

Возведение монолитных железобетонных конструкций включает комплекс следующих взаимоувязанных технологических процессов:

- опалубочные работы;
- арматурные работы;

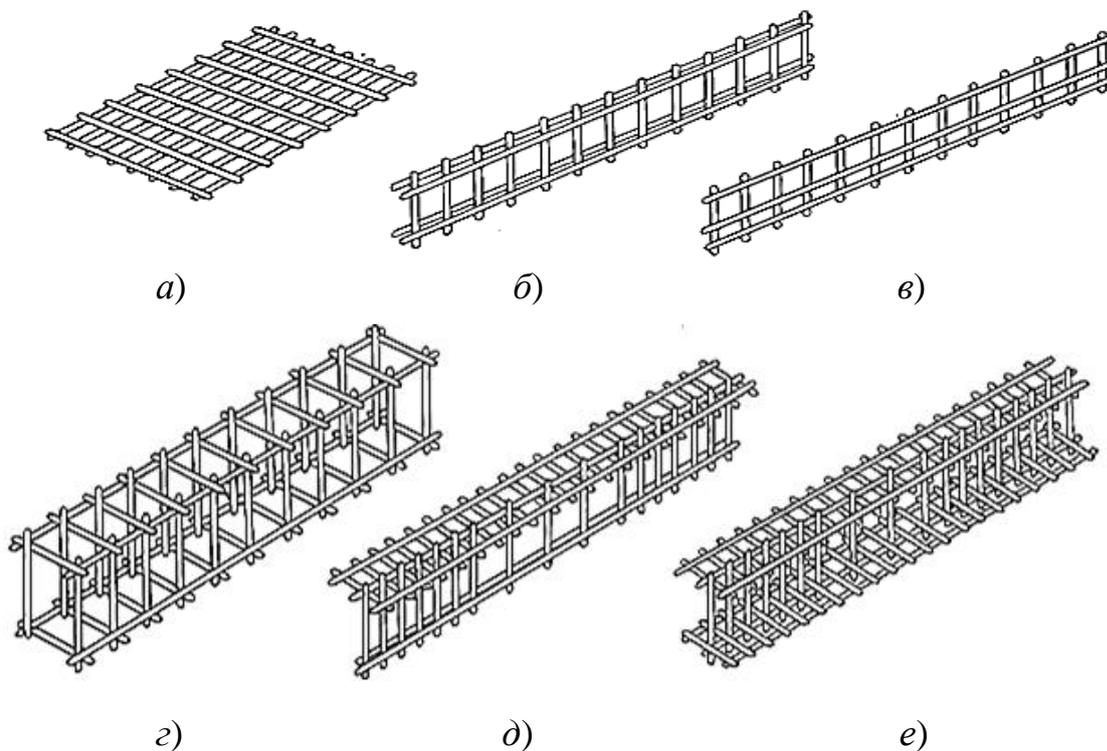
– собственно бетонные работы (бетонирование конструкций).

При планировании бетонных работ в проекте производства работ (ППР) должны быть предусмотрены:

- выбор типа и расчет комплекта опалубки;
- обоснование способа подачи и укладки бетонной смеси;
- выбор бетоноукладочного комплекса;
- разработка технологического регламента бетонирования.

### 3. АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Арматурные работы включают изготовление, транспортирование, складирование арматурных изделий, примеры которых представлены на рис. 3.1, и монтаж арматурных конструкций. Составляющей частью являются погрузочно-разгрузочные работы. В зависимости от вида монолитной конструкции арматурные работы выполняются до или после опалубочных работ, например при бетонировании перекрытия арматурным работам предшествуют опалубочные, при бетонировании колонн опалубочным работам предшествуют арматурные.



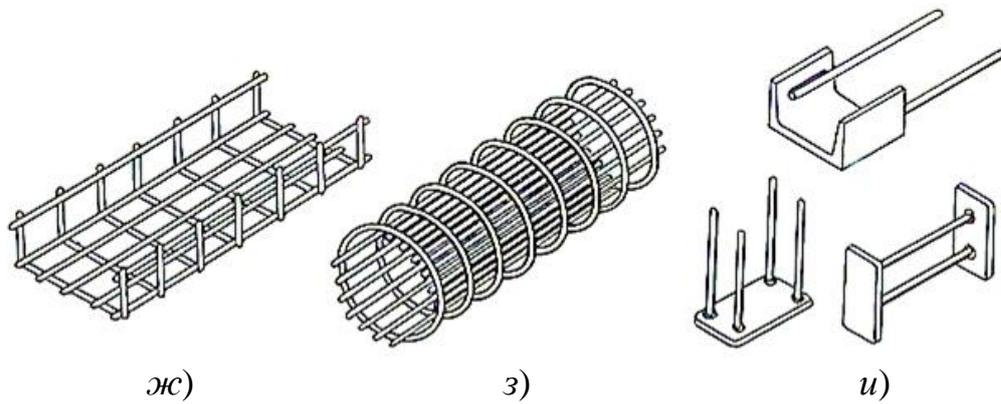


Рис. 3.1. Арматурные изделия:

*a* – плоские сетки; *б, в* – плоские каркасы; *г, д, е* – пространственные каркасы; *ж* – пространственная сетка; *з* – гнутая сетка; *и* – закладные детали

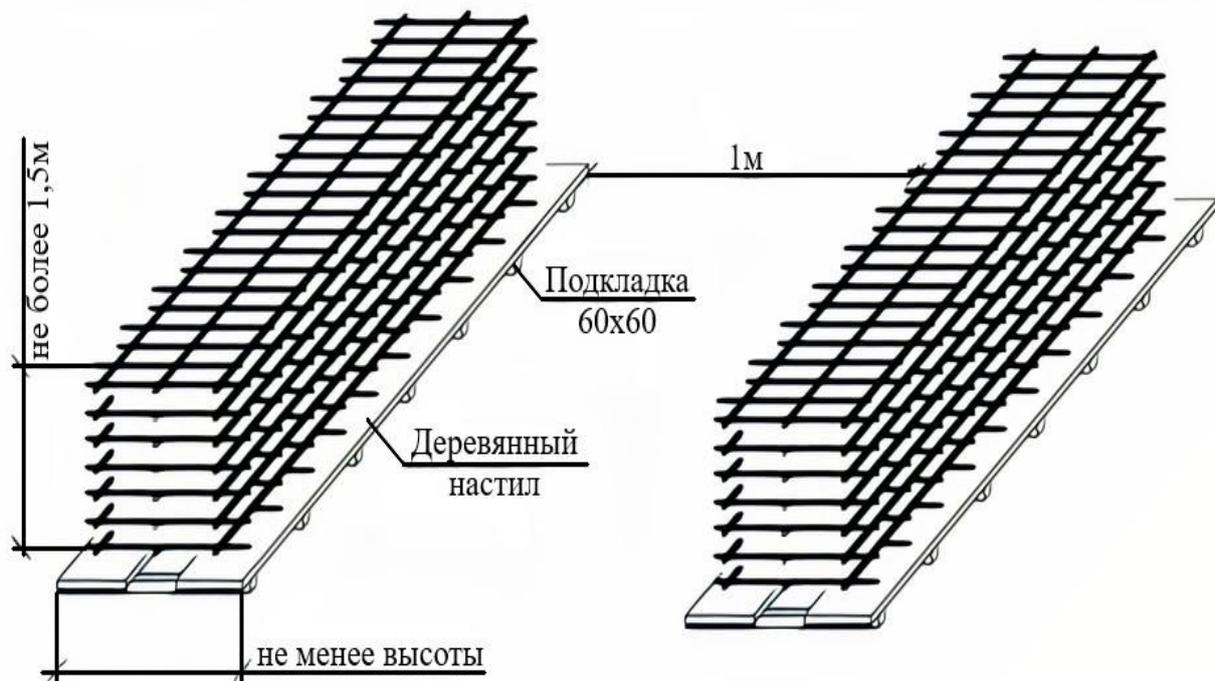
Транспортирование арматурных изделий следует осуществлять в соответствии с требованиями СП 49.13330.2010, ПОТ РМ 027-2003 и ПОТ РМ-007-98. Отдельные стержни, плоские каркасы и сетки следует перевозить пакетами. Сетки следует транспортировать в горизонтальном положении. Масса пакета не должна превышать 3 т. Пространственные каркасы необходимо грузить, перевозить и разгружать таким образом, чтобы они не деформировались под действием собственной массы.

Выбор вида транспорта зависит от расстояния перевозки, размеров арматурных конструкций, их максимальной массы и потока арматуры в смену. В городских условиях доставка арматурных изделий, как правило, осуществляется автомобильным транспортом. Арматурные изделия, превышающие габариты подвижного состава по длине на 2 м и более (длинномерные грузы), перевозят на автотранспортном средстве с прицепами-ропусками, к которым грузы должны надежно крепиться. Длинномерные грузы различной длины должны укладываться так, чтобы более короткие располагались сверху.

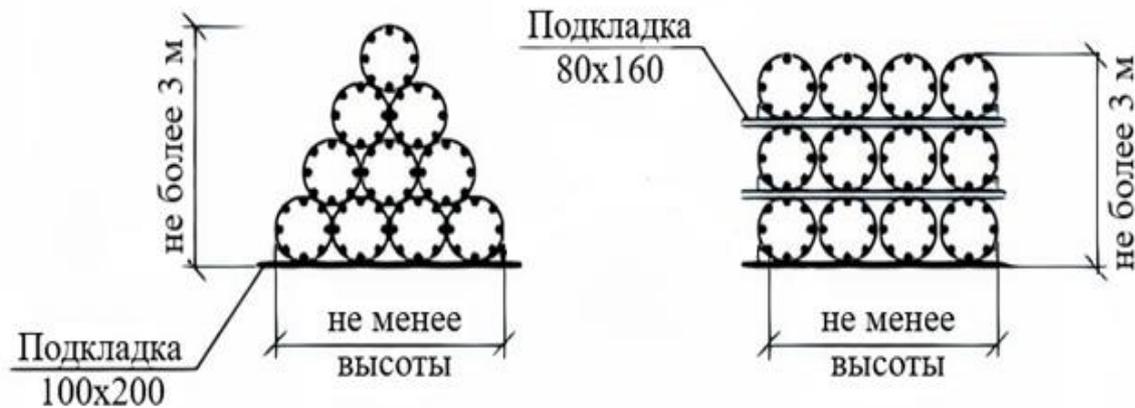
Погрузочно-разгрузочные работы с арматурными изделиями массой более 30 кг и проведение их подъема на высоту более 1,5 м должны производиться с использованием средств механизации. В местах работы во избежание скольжения трапы (подмости), платформы, пути прохода должны быть очищены от грязи, снега, льда и в необходимых случаях посыпаны песком или мелким шлаком.

Арматурные изделия после проверки должны храниться в крытом помещении. Пакеты отдельных стержней и сеток следует хранить отдельно по маркам в штабелях высотой не более 1,5 м. При складировании сеток между штабелями должен быть обеспечен свободный проход шириной не менее 0,5 м. Просветы между складированной арматурой и стеной или колонной должны быть не менее 1 м, между перекрытием здания и складированной арматурой – не менее 1 м, между светильником и складированной арматурой – не менее 0,5 м (рис. 3.2).

При хранении и транспортировании каждый пакет должен опираться на деревянные подкладки и прокладки толщиной не менее 30 мм. Подкладки под сетки следует укладывать по плотному, тщательно выровненному основанию. При хранении сеток в штабелях прокладки между пакетами по высоте штабеля должны быть расположены по вертикали одна над другой. Арматурные изделия должны доставляться на строительную площадку комплектно и складироваться с учетом порядка подачи их на монтаж или в соответствии с проектом производства работ.



а)



б)

Рис. 3.2. Схемы складирования арматурных изделий:  
а – плоские сетки; б – объемные цилиндрические каркасы

Арматурные изделия должны быть изготовлены в соответствии с проектной документацией из арматурной стали диаметром от 4 до 40 мм по ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций». Допускается изготовление арматурных изделий с использованием горячекатаной арматурной стали диаметром от 3 до 80 мм по ГОСТ 5781-82 (в стадии отмены), термомеханически упрочненной гладкой и периодического профиля арматурной стали диаметром от 6 до 40 мм по ГОСТ 34028-2016, проката арматурного свариваемого периодического профиля по ГОСТ 34028-2016, проволоки из низкоуглеродистой стали холоднотянутой класса Вр-1 по ГОСТ 6727-80.

Арматура по ГОСТ 34028-2016 для армирования сборных железобетонных конструкций и монтажа арматурных конструкций при возведении монолитных железобетонных конструкций в зависимости от предела текучести применяется по классам: А240, А400, А500, А600. Для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций в зависимости от уровня предела текучести по классам: Ап600, А800, А1000. Прокат классов А240, А400, А500, А600 и Ап600 изготавливают в прутках от 6 до 18 м и мотках до 22 мм диаметром. Прокат классов А800 и А1000 изготавливают в прутках.

В соответствии с СП 70.13330.2012 монтаж арматурных конструкций следует производить преимущественно из крупноразмерных бло-

ков или унифицированных сеток заводского изготовления. Арматурные изделия следует применять в виде арматурных сеток по ГОСТ 8478-81 и арматурных каркасов (плоских или пространственных). Допускается армирование отдельными стержнями. Соединения стержней в арматурные конструкции в этом случае рекомендуется выполнять вязкой.

Строповка арматурных изделий при производстве погрузочно-разгрузочных работ и монтаже арматурных конструкций должна осуществляться в соответствии с требованиями ПБ 10-382-00 и РД 11-06-2007. Строповка арматурных изделий должна производиться по схемам строповки (паспортам), предоставленным их изготовителями (поставщиками) или по схемам, разработанным специализированными организациями. При перемещении арматурных изделий, на которые отсутствуют схемы (паспорта) строповки, строповку следует производить в соответствии со схемами на рис. 3.3. Перемещение арматурных изделий при погрузочно-разгрузочных работах и складских операциях должно производиться в положении при складировании, а при монтаже – в рабочем положении (положение арматурного изделия в арматурной конструкции) с минимальным количеством кантований.

Строповку арматурного изделия следует производить с использованием стропов или траверс, соответствующих массе и характеру поднимаемого груза, с учетом числа ветвей и угла их наклона. Угол между ветвями стропов общего назначения не должен превышать  $90^\circ$  по диагонали. При габаритах стропуемых грузов, не позволяющих выполнить указанное требование, следует использовать траверсы.

Монтаж арматурных изделий следует производить в соответствии с рабочими чертежами, проектом производства работ, СП 63.13330.2018, ГОСТ Р 57997-2017, в соответствии с СП 70.13330.2012 преимущественно из крупногабаритных блоков или унифицированных сеток заводского изготовления по ГОСТ 8478-81, а также плоских или пространственных арматурных каркасов. Допускается вести монтаж арматурных конструкций отдельными стержнями.

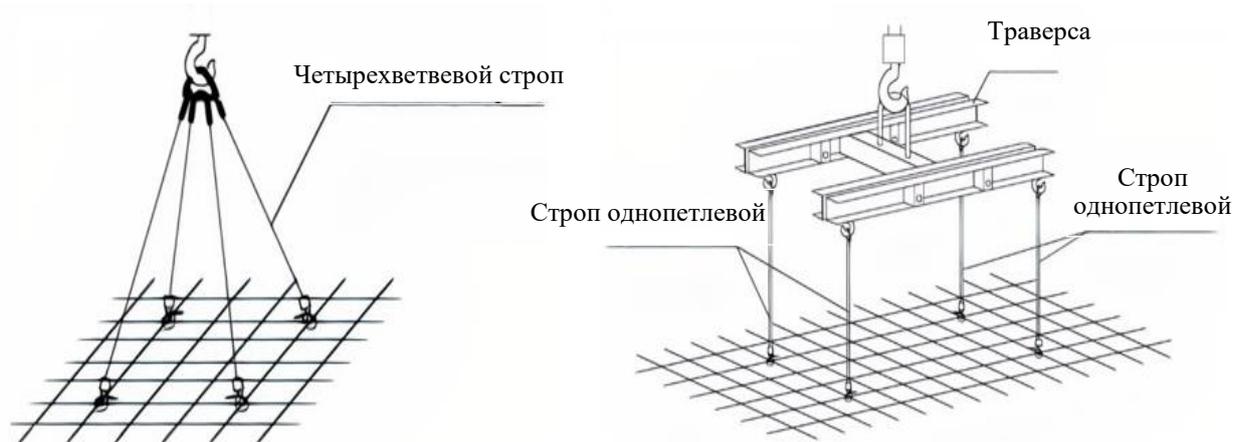


Рис. 3.3. Схема строповки:  
*a* – с использованием стропов; *б* – с использованием траверс;  
*L* – длина изделия (начало)

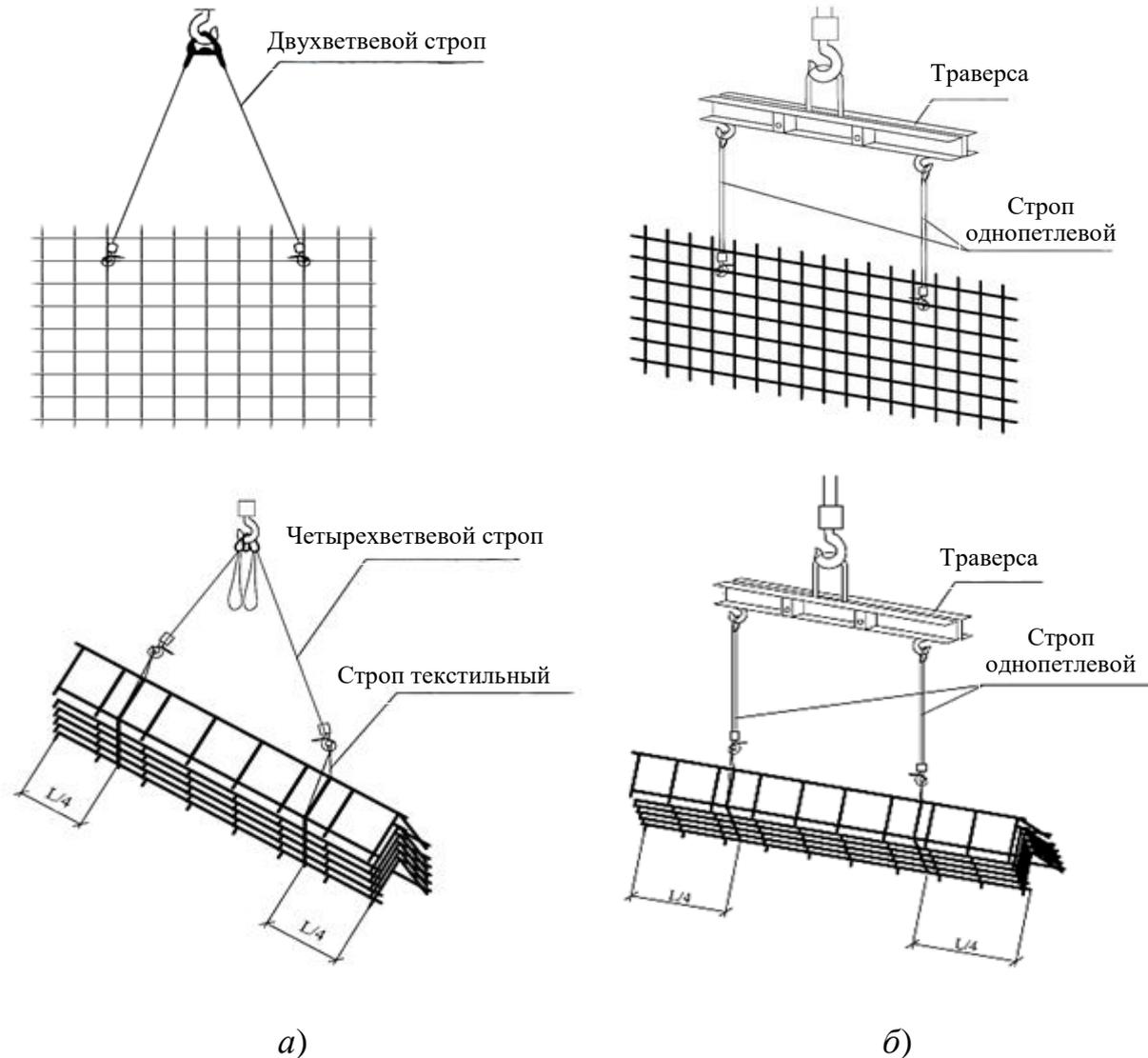


Рис. 3.3. Окончание

Перед монтажом арматурных конструкций с бетонной подготовки и опалубки в местах установки арматурных изделий должны быть удалены мусор, грязь, снег и лед. Стержни установленной в конструкцию арматуры также должны быть обезжирены и очищены от налета ржавчины. Порядок установки арматуры должен быть увязан с технологической схемой бетонирования конструкции. Установка арматуры должна опережать бетонирование не менее чем на одну захватку. Арматурные изделия массой до 100 кг допускается ставить вручную, подавая их к месту установки краном сразу по несколько штук (рис. 3.4). Изделия массой более 100 кг следует устанавливать с помощью крана (рис. 3.4, б, е; 3.5).

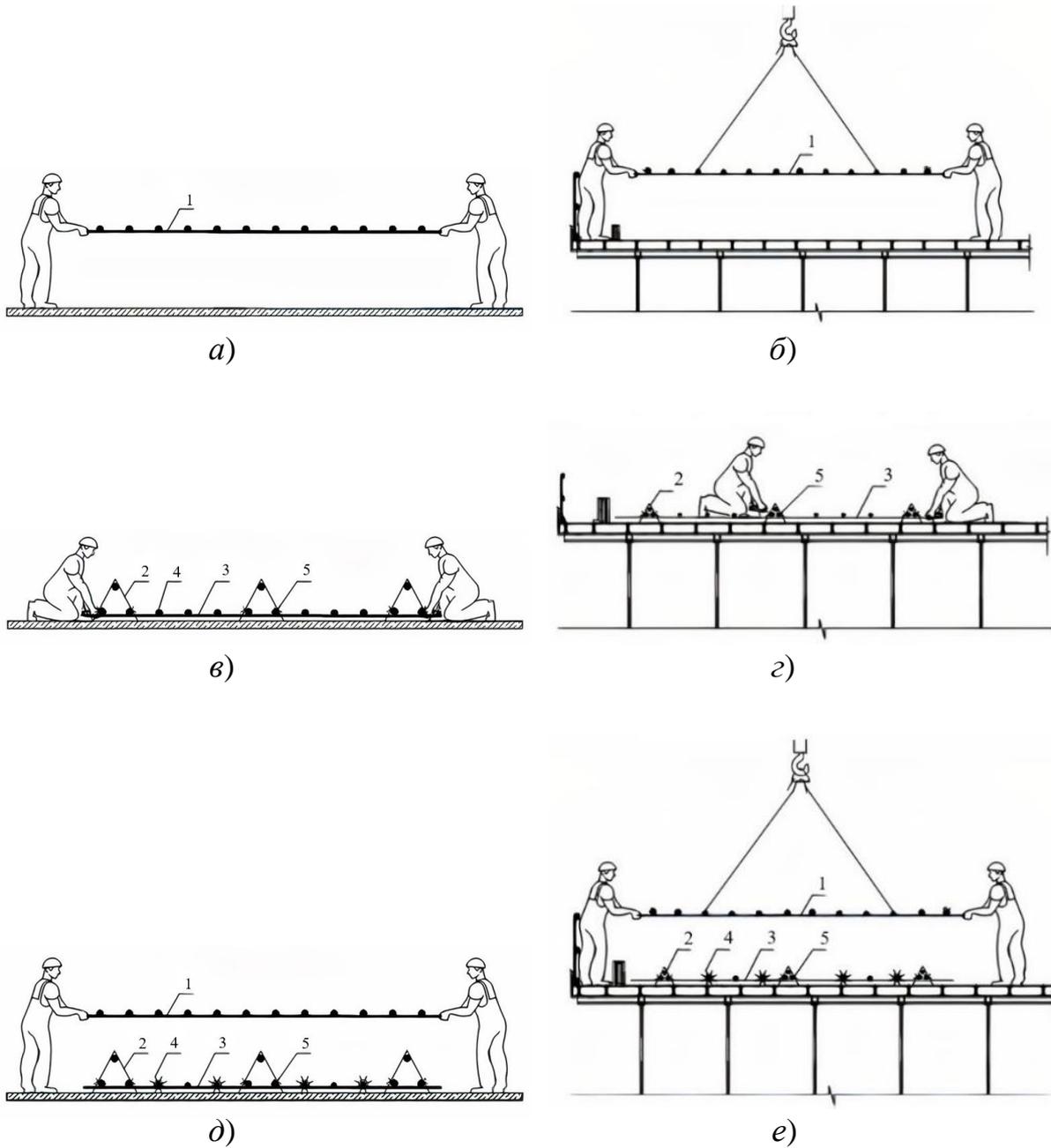


Рис. 3.4. Установка арматурных сеток вручную (*а, в, д*)

и монтажным краном (*б, г, е*):

*а, б* – установка нижних сеток;

*в, г* – установка каркасов поддерживающих верхнюю сетку;

*д, е* – установка верхней сетки;

*1* – верхняя сетка; *2* – каркас поддерживающий верхнюю сетку;

*3* – нижняя сетка; *4* – фиксатор защитного слоя бетона;

*5* – вязальная проволока

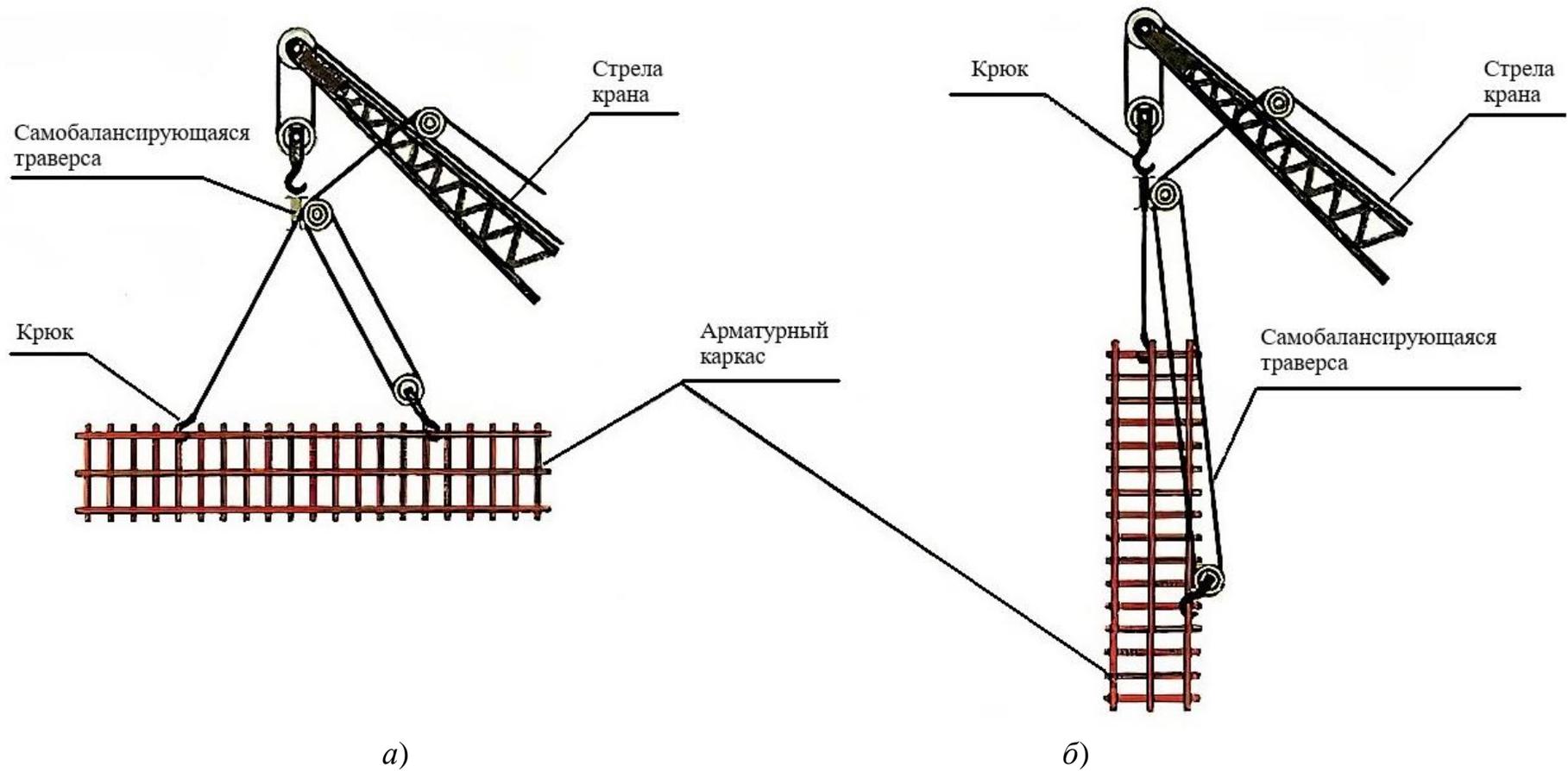


Рис. 3.5. Установка пространственных арматурных каркасов краном:  
*a, б* – подъем в горизонтальном (*a*) и вертикальном (*б*) положении; *в, д* – подача к месту установки на уровне (*в*) и ниже уровня (*д*) стоянки крана; *г* – положение после закрепления (начало)

25

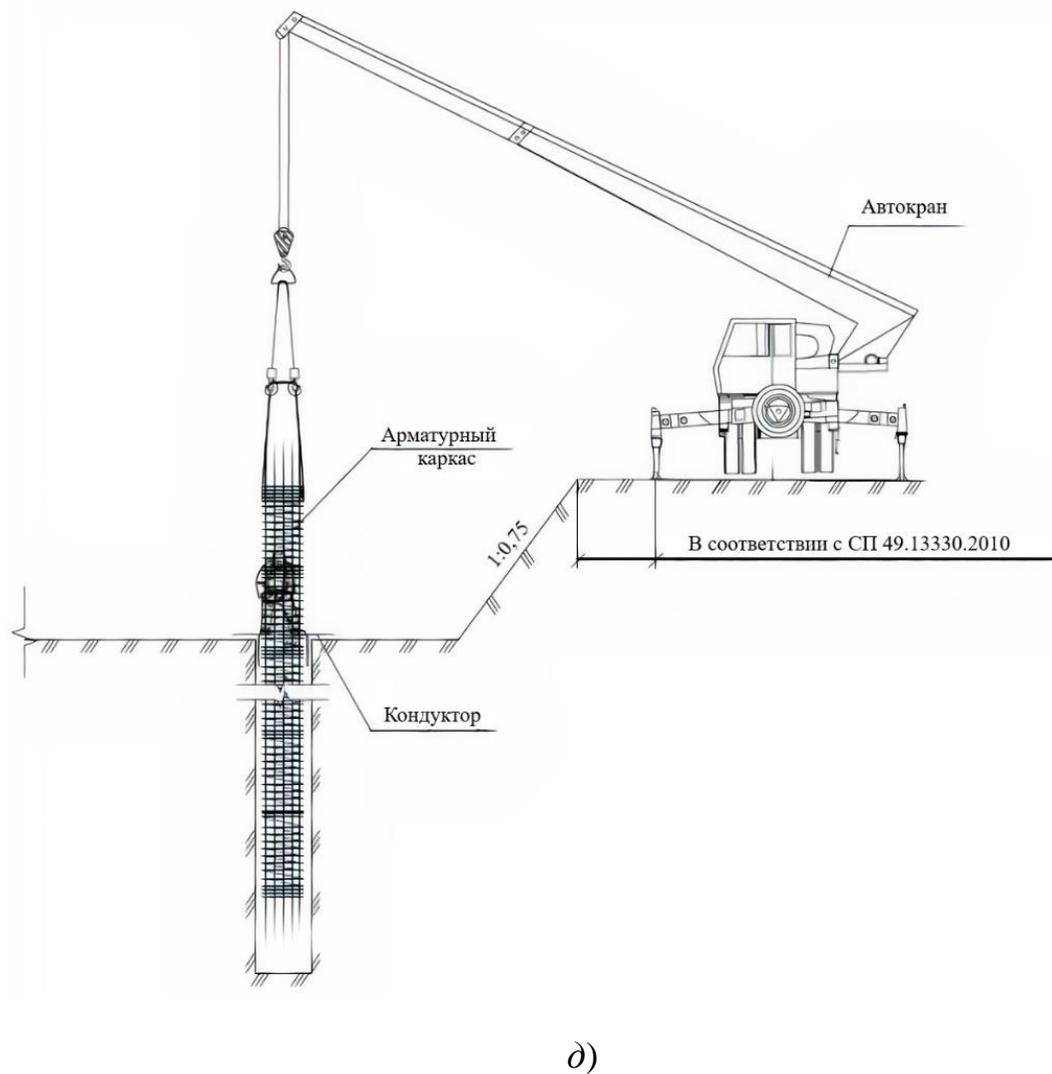
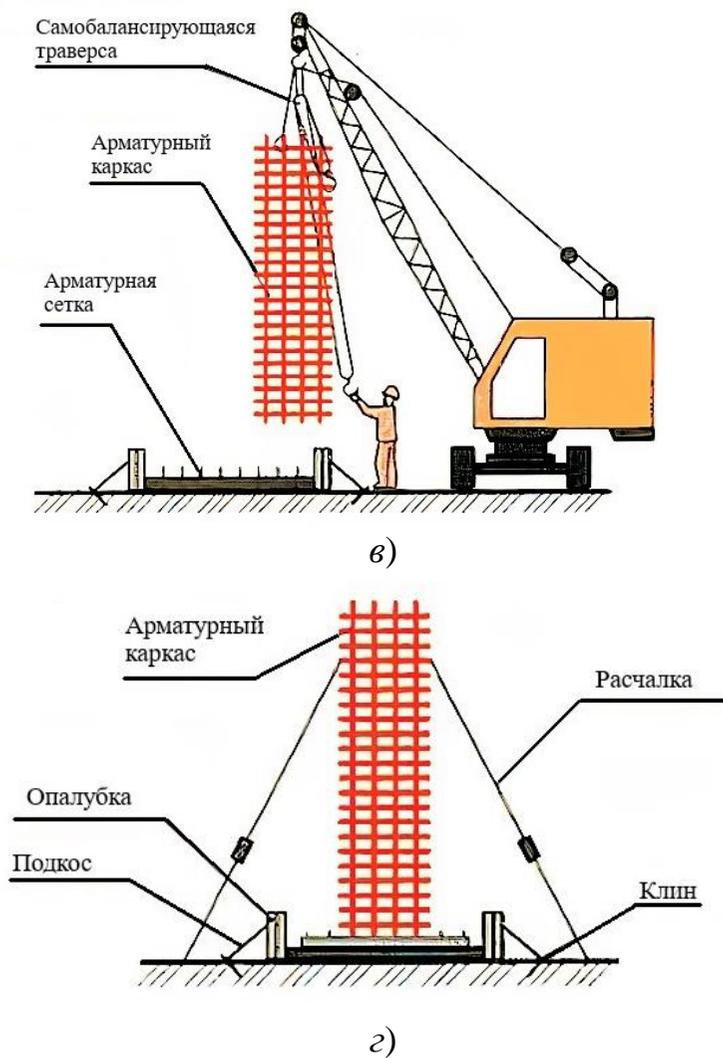
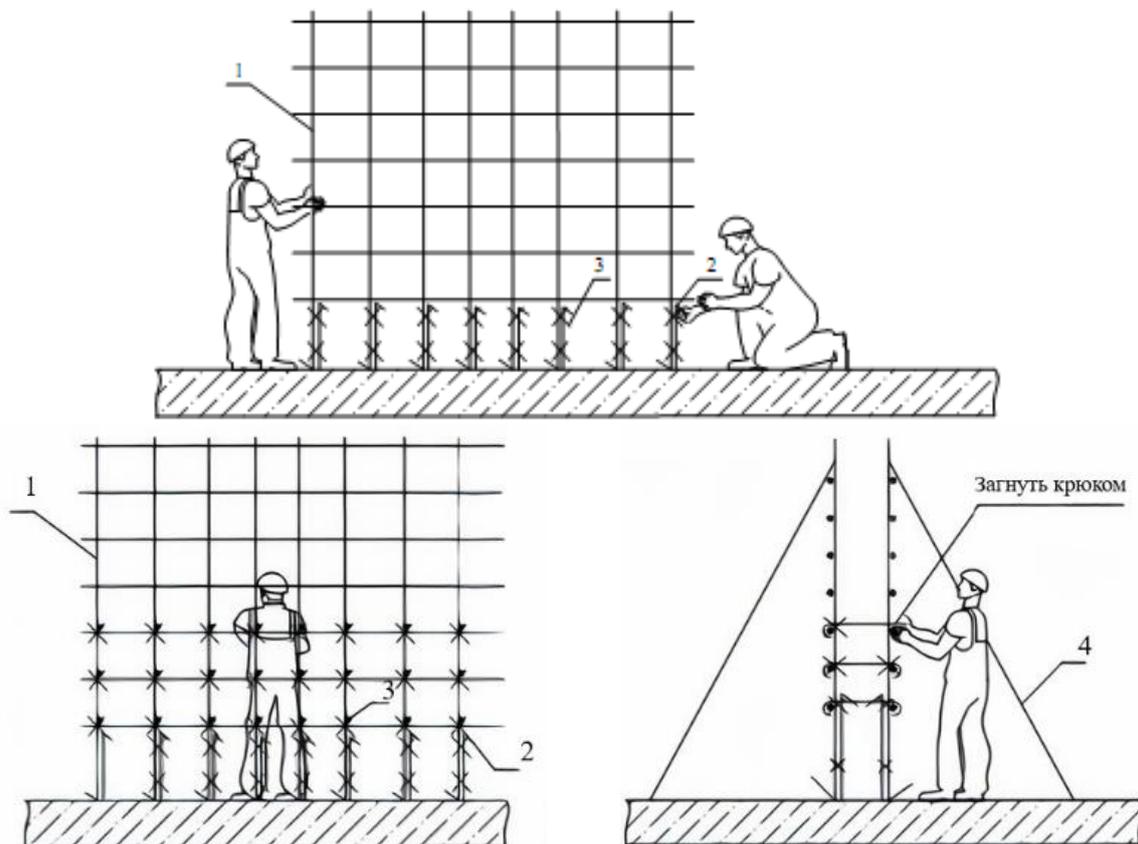


Рис. 3.5. Окончание

Арматурные каркасы в процессе монтажа для предохранения от смещения следует временно закреплять схватками или расчалками (рис. 3.5, *д*). Крепления снимают по мере укладки бетонной смеси. Схватки устанавливают в двух направлениях для обеспечения устойчивости. После установки арматурных изделий загибку излишних частей выпусков поперечной арматуры следует выполнять снизу вверх. Работу до отметки 1,5 м следует вести с перекрытия (рис. 3.6, *а*, *в*), а выше – с площадок монтажника (рис. 3.6, *б*, *г*).



*а)*

Рис. 3.6. Монтаж плоских сеток и каркасов:

*а* – установка плоских сеток и поперечных арматурных стержней на высоте до 1,5 м: 1 – вертикальный каркас; 2 – выпуск арматуры из плиты; 3 – вязальная проволока; 4 – расчалка; *б* – установка поперечных арматурных стержней на высоте выше 1,5 м: 1 – вертикальный каркас; 2 – выпуск арматуры из плиты; 3 – вязальная проволока; 4 – расчалка; 5 – инвентарные подмости; *в*, *г* – загибание выпусков арматуры на высоте до 1,5 м (*в*) и выше 1,5 м (*г*):

1 – плоская сетка; 2 – оттяжка; 3 – арматурные выпуски из плиты; 4 – инвентарные подмости; А – арматурщик (начало)

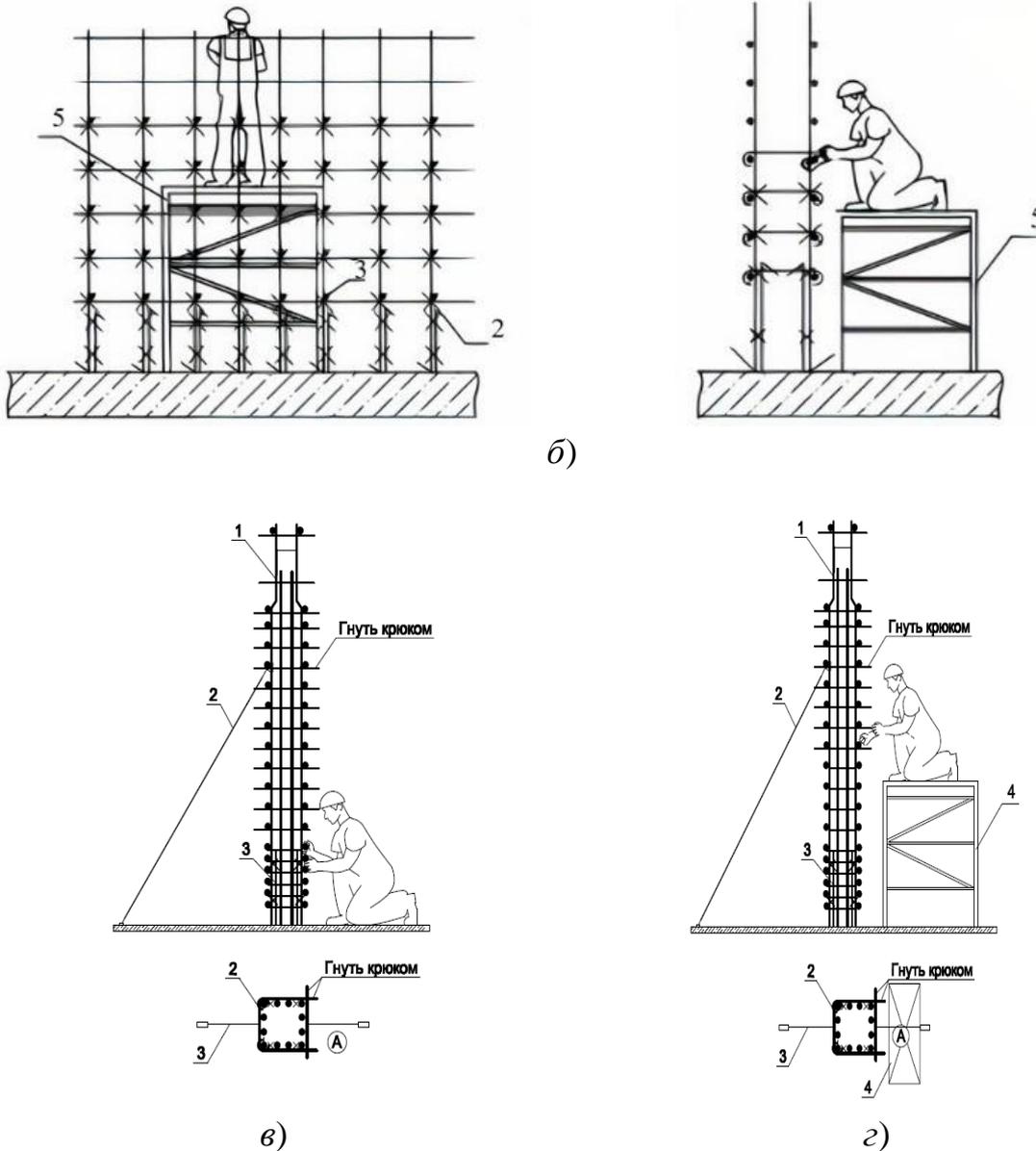
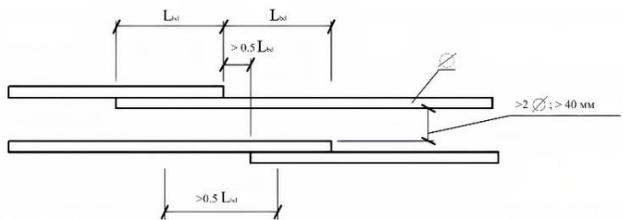


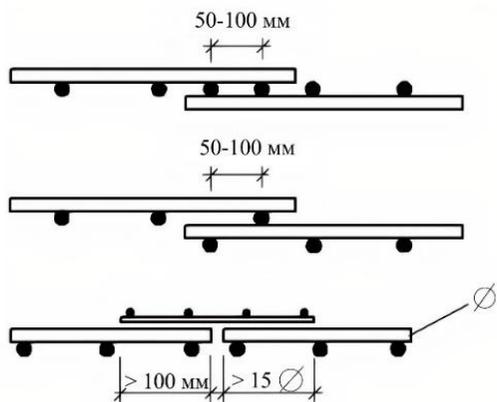
Рис. 3.6. Окончание

Соединение арматурных изделий (элементов) следует производить в зависимости от вида соединения посредством перепуска (внахлест), постановки дополнительных сеток (каркасов), бессварных муфт (резьбовые, обжимные) или посредством сварки в соответствии с ГОСТ 14098-2014 (рис. 3.7 и 3.8), вязкой (вязальной проволокой, хомутами). Соединения арматурных изделий (стержней) могут быть:

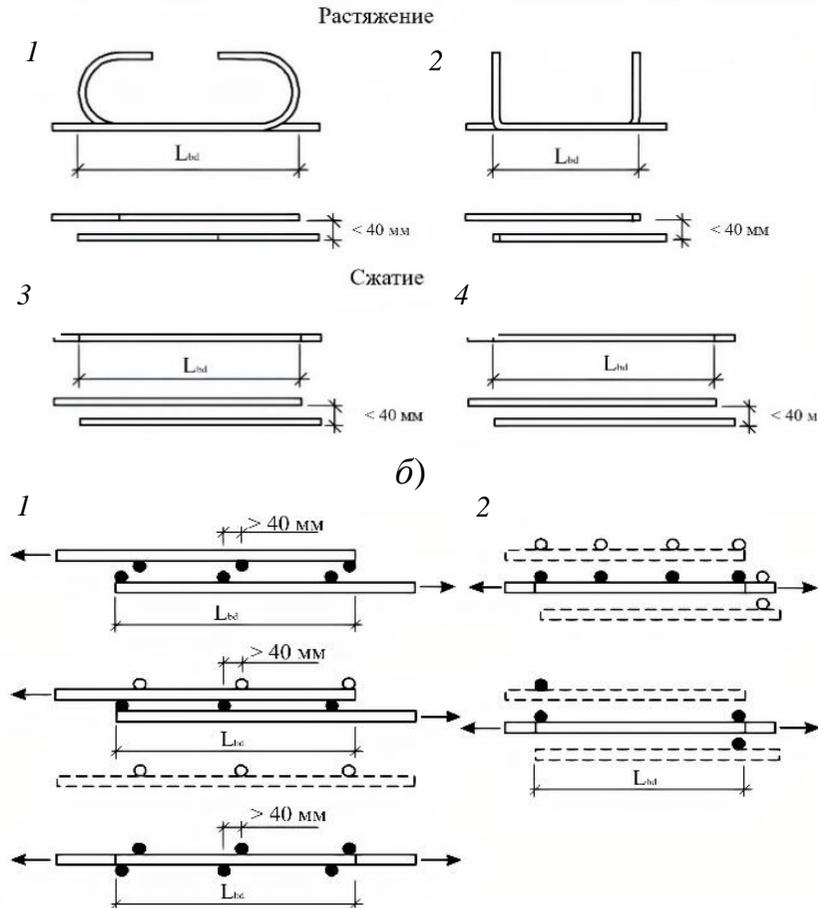
- монтажные – для фиксации арматурного элемента в проектном положении в период бетонирования;
- рабочие – для обеспечения равнопрочного соединения арматурных элементов, способного воспринимать расчетные усилия.



*a)*



*в)*



*б)*

*г)*

Рис. 3.7. Соединение арматурных изделий перепуском (рабочий стык):

*a* – смещение стержней арматуры при соединении без сварки; *б* – правила соединения стержней арматуры без сварки: 1, 3 – арматура из гладких стержней; 2, 4 – арматура из рифленых стержней; *в* – соединения арматурных сеток без сварки в направлении распределительной арматуры; *г* – соединения арматурных сеток без сварки в направлении рабочей арматуры: 1 – из гладких стержней; 2 – из рифленых стержней

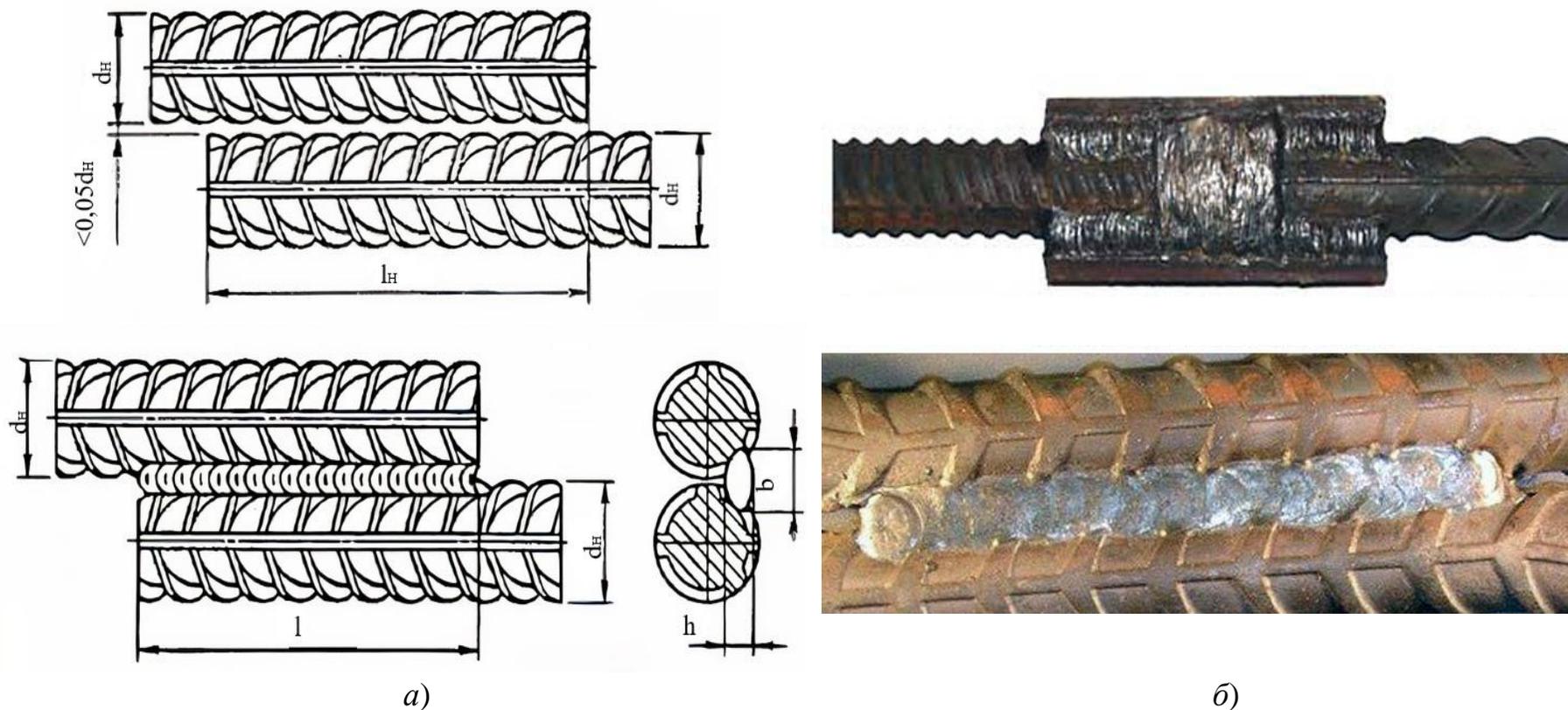
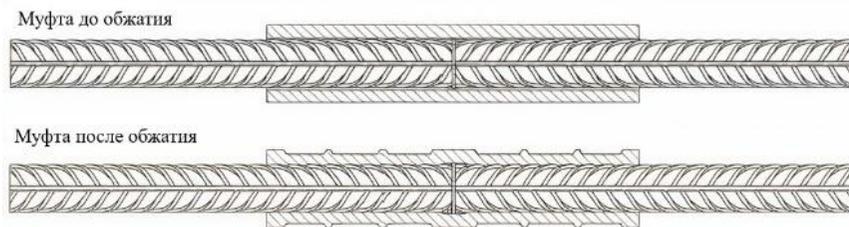


Рис. 3.8. Соединение арматурных элементов (рабочий стык) сваркой и резьбовыми или обжимными муфтами:

*a* – соединения арматурных стержней ручной дуговой сваркой; *б* – сварное соединение;

*в* – схема до и после обжатия муфты; *г* – резьбовая муфта;

*д* – обжимная муфта; *е* – процесс обжатия (начало)



в)

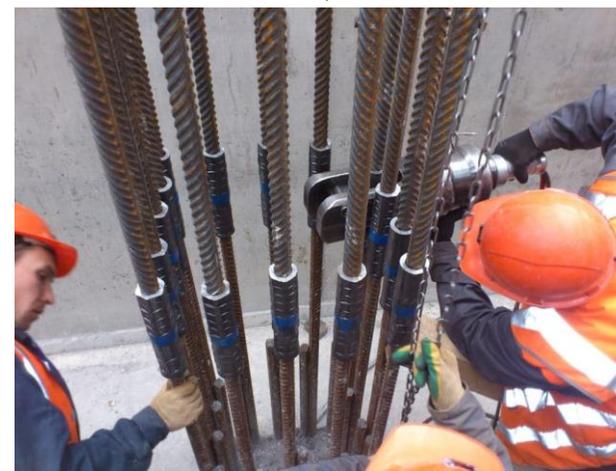


г)

30



д)



е)

Рис. 3.8. Окончание

Трудоемкость арматурных работ может составлять до 40 % общей трудоемкости возведения монолитных железобетонных конструкций, зависит от параметров армирования и способа стыкования стержней (табл. 3.1).

Таблица 3.1

## Характеристика стыковых соединений

Показатели	Способ стыкового соединения			
	ванная сварка	внахлест	муфта	
			обжимная	резьбовая
Время на 1 стык, мин	108	5	5	7
Стыков за смену	5	80	80	60
Относительная стоимость стыка, %	100	84	43	52
Равнопрочность стыка	да	нет	да	да/нет

Размещение арматуры в сечении следует принимать по проектной документации с учетом требований СП 52-101-2003. Минимальные расстояния в свету между стержнями арматуры должны обеспечить совместную работу арматуры с бетоном и качественное изготовление конструкций, связанное с укладкой и уплотнением бетонной смеси, и должны составлять не менее:

- наибольшего диаметра стержня;
- 25 мм – при горизонтальном или наклонном положении стержней при бетонировании для нижней арматуры, расположенной в один или два ряда;
- 30 мм – то же, для верхней арматуры;
- 50 мм – то же, при расположении нижней арматуры более чем в два ряда (кроме стержней двух нижних рядов), а также при вертикальном положении стержней при бетонировании.

При отклонении от указанных требований следует провести согласование с проектной организацией.

Наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры, определяемые эффективностью работы бетонного сечения, усиленного арматурой, должны быть:

- в изгибаемых элементах – не более 400 мм;

– в линейных внецентренно сжатых элементах – не более 500 мм в плоскости изгиба и не более 400 мм в плоскости, перпендикулярной к плоскости изгиба.

Количество стержней, доводимых до опоры, и максимально допустимые расстояния между ними с учетом СП 52-101-2003 должны соответствовать следующим требованиям:

– в балках шириной менее 150 мм до опоры должно доводиться не менее одного стержня;

– в балках шириной более 150 мм до опоры должны доводиться не менее двух стержней общей площадью сечения не менее 50 % от площади расчетного сечения арматуры;

– в плитах до опоры следует доводить стержни общей площадью сечения не менее 30 % от площади сечения арматуры, подобранной из расчета на 1 м ширины сечения в зоне действия наибольшего изгибающего момента, выдерживая расстояние между стержнями не более 400 мм;

– в неразрезных плитах, армированных рулонными сетками, все продольные стержни у промежуточных опор допускается переводить в верхнюю зону;

– в неразрезных плитах расстояния между осями рабочих стержней в середине пролета и над опорами должны быть не более 200 мм при толщине плиты до 150 мм и не более 1,5 высоты при толщине плиты более 150 мм.

Любая продольная арматура, установленная у поверхности железобетонной конструкции, должна охватываться поперечной арматурой, устанавливаемой с шагом не более 500 мм и не более удвоенной ширины грани элемента. В плитах высотой менее 300 мм и балках высотой менее 150 мм при обеспечении прочности на поперечную силу согласно СП-52-101-2003 допускается не устанавливать поперечную арматуру.

Толщину защитного слоя бетона рабочей арматуры следует обеспечивать в соответствии с проектной документацией, но не менее приведенной в табл. 3.2.

Таблица 3.2

## Толщина защитного слоя, мм

Показатель	Класс по условиям эксплуатации по СП 28.13330.2017, ГОСТ 31384-2017						
	ХО	ХС1	ХС2- ХС4	XD1-XD3, XF1-XF4	ХА1	ХА2	ХА3
Минимальный размер защитного слоя	20	30	35	50	35	40	50

*Примечания.*

1. Для фундаментов следует принимать толщину защитного слоя бетона не менее:

а) при выполнении из монолитного железобетона:

- при отсутствии бетонной подготовки – 80 мм;
- при наличии бетонной подготовки – 45 мм;

б) при выполнении из сборного железобетона – 45 мм.

2. Толщина защитного слоя бетона должна быть не менее:

- диаметра арматуры, если он не превышает 40 мм;
- максимального размера заполнителя, если он меньше 20 мм;
- максимального размера заполнителя плюс 5 мм, если он больше 20 мм.

Создание защитного слоя обеспечивается постановкой фиксаторов защитного слоя (рис. 3.9). Количество фиксаторов зависит от диаметра арматуры и может составлять от 3 до 9 на 1 м<sup>2</sup>. При несоответствии следует провести согласование с проектной организацией.



Рис. 3.9. Фиксаторы защитного слоя

### *Контроль качества арматурных работ*

При производстве арматурных работ выполняется контроль: входной, операционный, приемочный.

Входной контроль арматурной стали, арматурных изделий и закладных деталей на строительной площадке следует проводить на наличие сопроводительной технической документации и требуемых в ней данных (изготовитель, группа поставки, марка стали, способ выплавки, категории стали, номер поставки, профиль, размеры, масса и номер партии). При отсутствии требуемых данных следует провести измерения и отбор проб на испытания. Партия арматурных изделий в производство не допускается при несоответствии данных сопроводительных документов и результатов проведенного входного контроля требованиям проекта. Входной контроль арматурных изделий следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 57997-2017, ГОСТ 23279-2012, ГОСТ 7566-2018. В процессе приемки арматурных изделий должны контролироваться: маркировка, наличие следов коррозии, деформаций, соответствие геометрических (линейных) размеров ГОСТ Р 57997-2017, проектной документации и документам изготовителя. Согласно п. 10.4.10 СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 отклонения параметров арматурных изделий не должны превышать для сеток, мм:

- ширины, размеров ячеек, разницы в длине диагоналей плоских сеток, свободных концов стержней  $\pm 10$ ;
- длины плоских сеток  $\pm 5$ ;
- отклонения от прямолинейности стержней сеток – не более 6 мм на 1 м длины сетки.

Отклонения размеров и параметров закладных деталей не должны превышать значения, приведенные в таблице 1 ГОСТ Р 57997-2017. Отклонения в отметках закладных элементов, служащих опорами для металлических или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов, не должны превышать минус 5 мм. Кромки плоских элементов закладных деталей не должны иметь заусенцев, завалов и шероховатостей, превышающих 2 мм

(определяется визуально и при необходимости измерениями по ГОСТ Р 58939-2020).

Операционный контроль осуществляется в ходе выполнения технологических операций для обеспечения своевременного выявления дефектов и принятия мер по их устранению и предупреждению в соответствии с приложениями СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. Результаты операционного контроля следует фиксировать в журнале производства работ. Операционный контроль арматурных работ должен включать проверку:

- отклонений результатов линейных измерений и нивелирования по ГОСТ Р 58939-2020 от нормируемых значений контролируемых показателей состояния опалубки;
- соответствия арматурных изделий или отдельных стержней требованиям проекта по классу арматуры, диаметрам арматурных стержней, марке арматурных изделий;
- последовательности сборки элементов арматурных каркасов в соответствии с технологической картой;
- точности установки арматурных изделий, отдельных стержней и закладных деталей в плане и по высоте, надежности их фиксации;
- правильности соединения стержней, изделий;
- соответствия толщины защитного слоя бетона нормативным и проектным требованиям.

При приемочном контроле сплошному контролю подлежит:

- качество применяемых в конструкции материалов;
- соответствие отклонений положения установленных арматурных изделий от предусмотренного проектной документацией допускаемым;
- соответствие величины защитного слоя бетона нормативным и проектным требованиям;
- надежность фиксации арматурных изделий в опалубке;
- качество выполнения вязки узлов каркаса.

Приемка арматурных работ оформляется актом освидетельствования скрытых работ.

Сведения о контроле качества арматурных работ приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

## Контроль арматурных работ

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объем)	Документация
Подготовительные работы	Проверить: – наличие документа о качестве; – качество арматурных изделий (при необходимости провести требуемые замеры и отбор проб на испытания); – качество подготовки и отметки несущего основания; – правильность установки и закрепления опалубки	Визуальный. Визуальный всех элементов, измерительный. То же. Технический осмотр	Паспорт (сертификат), общий журнал работ
Установка арматурных изделий	Контролировать: – порядок сборки элементов арматурного каркаса, качество выполнения сварки (вязки) узлов каркаса; – точность установки арматурных изделий в плане и по высоте, надежность их фиксации; – величину защитного слоя бетона	Технический осмотр всех элементов. То же. То же	Общий журнал работ
Приемка выполненных работ	Проверить: – соответствие положения установленных арматурных изделий проекту; – величину защитного слоя бетона; – надежность фиксации арматурных изделий в опалубке; – качество выполнения сварки (вязки) узлов каркаса	Визуальный, измерительный. Измерительный. Технический осмотр всех элементов. То же	Акт освидетельствования скрытых работ

*Примечания.* 1. Средства измерений и контроля: отвес по ГОСТ Р 58513-2019, рулетка металлическая по ГОСТ 7502-98, линейка металлическая по ГОСТ 427-75.

2. Измерения по ГОСТ Р 58939-2020.

На элементах арматурных и закладных изделий, а также сварных соединений не должно быть отслаивающейся ржавчины и окалины, следов масла и других загрязнений. Арматурные и закладные изделия, сварные соединения арматуры и закладных изделий, выполненные при возведении монолитных железобетонных конструкций, должны приниматься по результатам визуального осмотра, измерений, механических испытаний или ультразвукового контроля в соответствии с требованиями ГОСТ Р 57997-2017 и СП 70.13330.2012.

Контроль готовых арматурных и закладных сварных изделий и сварных соединений арматуры и закладных изделий следует осуществлять партиями. Партия готовых сварных арматурных и закладных изделий должна состоять из изделий одного типоразмера (одной марки), изготовленных по единой технологии одним сварщиком. Партия сварных стыковых соединений выпусков стержней арматуры монолитных железобетонных конструкций должна состоять из однотипных по конструкции соединений арматурной стали одного класса и диаметра, выполненных одним сварщиком по единой технологии.

Соответствие арматурных и закладных изделий, а также сварных соединений требованиям ГОСТ Р 57997-2017 устанавливаются по результатам выборочного контроля, который должен производиться:

- при изготовлении арматурных и закладных изделий до передачи их на склад готовой продукции;
- изготовлении и применении сварных арматурных и закладных изделий производственными участками одного предприятия до установки изделий в опалубку;
- выполнении сварных соединений на строительных площадках до бетонирования монолитных конструкций или выпусков арматуры в стыках сборных железобетонных элементов.

Выборку следует производить методом случайного отбора (без преднамеренного отбора изделий и сварных соединений по какому-либо определенному признаку). Число изделий, отбираемых из партии

для визуального осмотра и измерений, должно быть не менее трех штук. Число сварных стыковых соединений выпусков арматуры сборных и арматуры монолитных железобетонных конструкций, отбираемых из партии для визуального осмотра и измерений, должно составлять не менее 10 % их общего числа в партии.

В каждом отобранном арматурном изделии следует проверять:

- класс, диаметры и марку арматурной стали по данным документации, а при ее отсутствии – по результатам лабораторных испытаний арматурной стали;

- длину отдельных стержней, расстояние между крайними стержнями по длине, ширине или высоте изделия, длину выпусков стержней в изделии, а также расстояние между двумя соседними продольными стержнями в арматурных каркасах измерениями по ГОСТ Р 58939-2020;

- визуально на наличие непровара все сварные соединения, выполненные дуговой, а также контактной стыковой сваркой, и не менее пяти соединений, выполненных контактной точечной сваркой.

В каждом отобранном закладном изделии необходимо проверить:

- марку стали плоских элементов, класс и диаметр анкерных стержней по данным документа о качестве или, при его отсутствии, по результатам лабораторных испытаний стали;

- отклонение от плоскостности лицевых поверхностей изделия измерениями по ГОСТ Р 58939-2020;

- линейные размеры плоских элементов, размещение и длину анкерных стержней измерениями по ГОСТ Р 58939-2020;

- расстояние между наружными плоскостями в изделиях закрытого типа измерением по ГОСТ Р 58939-2020;

- состояние кромок плоских элементов и размер углов между плоскими элементами и анкерными стержнями измерением по ГОСТ Р 58939-2020;

- визуально все сварные соединения на наличие непровара.

Контроль готовых арматурных и закладных сварных изделий и сварных соединений арматуры и закладных изделий должен выполняться методами и средствами измерений и испытаний, приведенными в разделе 5 ГОСТ Р 57997-2017. При осмотре сварных соединений арматуры и закладных изделий должны быть измерены по

ГОСТ Р 58939-2020 размеры их конструктивных элементов; проверены наличие грата в соединениях, выполненных контактной сваркой; относительная осадка в крестообразных соединениях и дефекты, указанные в ГОСТ Р 57997-2017. Если в результате визуального осмотра и измерений арматурных и закладных изделий, а также сварных соединений их элементов будет выявлено, что хотя бы одно изделие или одно соединение не соответствует требованиям ГОСТ Р 57997-2017, должна быть проведена повторная проверка удвоенного числа изделий, предусмотренных п. 6.22.

Таблица 3.4

**Допускаемые отклонения геометрических параметров  
монолитных железобетонных конструкций**

Параметр	Предельные отклонения, мм	Контроль, метод, объем, вид регистрации
Отклонение от проектной толщины защитного слоя бетона 15 мм, не более: при линейных размерах поперечного сечения конструкции, мм: до 100 от 101 до 200	+ 4 + 5	Технический осмотр всех элементов, измерения по ГОСТ Р 58939-2020, журнал работ
Отклонение от проектной толщины защитного слоя бетона от 16 до 20 мм, не более: при линейных размерах поперечного сечения, мм: до 100 от 101 до 200 от 201 до 300 свыше 300	+ 4; – 3 + 8; – 3 + 10; – 3 + 15; – 5	
Отклонение от проектной толщины защитного слоя бетона свыше 20 мм при линейных размерах поперечного сечения, мм: до 100 от 101 до 200 от 201 до 300 свыше 300	+ 4; – 5 + 8; – 5 + 10; – 5 + 15; – 5	

Если при повторной проверке хотя бы одно изделие или сварное соединение его элементов не удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 57997-2017, то все изделия этой партии подлежат поштучной приемке в соответствии с ГОСТ Р 57997-2017. Если в результате визуального осмотра и измерений сварных соединений элементов арматуры монолитных железобетонных конструкций выявлено хотя бы одно соединение, не отвечающее требованиям ГОСТ Р 57997-2017, то должна производиться поштучная приемка соединений. Соединения арматуры с дефектами должны быть исправлены или усилены по согласованию с проектной организацией. Результаты визуального осмотра и измерений должны быть оформлены актом.

Арматурные работы следует сопровождать записями в «Журнале работ», отражающими последовательность осуществления работ, в том числе сроки и условия выполнения всех работ. Записи в журнал следует вносить с даты начала выполнения работ до даты фактического окончания выполнения работ.

Законченные арматурные конструкции должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 3.4.

#### **4. ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ. ТИПЫ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПАЛУБОК. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДБОРА ОПАЛУБКИ**

Опалубка – временная конструкция, состоящая из собственно формы (щитов), поддерживающих лесов и крепежных устройств. Конструкция опалубки должна обеспечивать прочность, жесткость и неизменяемость бетонируемой конструкции, а также ее проектные размеры, надежность, простоту монтажа и демонтажа ее элементов, возможность укрупненной сборки и широкую вариантность компоновки при их минимальной номенклатуре.

Опалубка может быть деревянной, деревометаллической, металлической, железобетонной, армоцементной, из синтетических или прорезиненных тканей.

Опалубочные работы включают: изготовление, транспортирование, складирование, монтаж и демонтаж опалубки. При применении несъемной опалубки демонтаж не производится. Выбор типа опалубки должен производиться с учетом вида бетонируемой конструкции, ее размеров и условий производства работ. Расчет комплекта опалубки производится с учетом принятой организационно-технологической схемы производства работ, темпа бетонирования и сроков достижения распалубочной прочности бетона. Опалубка должна отвечать требованиям ГОСТ 34329-2017, ГОСТ Р 52086-2003 и СП 70.13330.2012. Сведения о типах и областях применения опалубок приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Тип и область применения опалубки

Тип опалубки	Применяемость
Мелкощитовая	Бетонирование монолитных конструкций, в том числе с вертикальными (стены, колонны и т. п.), горизонтальными (перекрытия, ригели и т. п.) и наклонными поверхностями различного очертания, в том числе стыков, проемов монолитных конструкций с небольшой опалубочной поверхностью. Может применяться вместе с крупнощитовой опалубкой для бетонирования небольших по объему и сложных по конфигурации монолитных конструкций, а также как вставки, в том числе в стесненных условиях производства
Крупнощитовая	Бетонирование крупноразмерных монолитных конструкций, в том числе стен и перекрытий зданий и сооружений
Блочная	Бетонирование замкнутых отдельно стоящих монолитных конструкций (например, ростверков, колонн, фундаментов), а также внутренних поверхностей замкнутых ячеек жилых зданий и лифтовых шахт
Объемно-переставная	Одновременное бетонирование стен и перекрытий зданий и сооружений, а также дополнительных конструкций, например колонн
Скользкая	Бетонирование вертикальных (главным образом высотой более 40 м) стен зданий и сооружений, преимущественно постоянного сечения
Горизонтально-перемещаемая	Бетонирование водоводов, коллекторов, туннелей, возводимых открытым способом (катучая опалубка); обделка туннелей, возводимых закрытым способом (туннельная опалубка)
Подъемно-переставная	Бетонирование вертикальных высотных сооружений с переменным сечением, например градирни, трубы

Пневматическая	Бетонирование пространственных монолитных конструкций криволинейного очертания, например сферы, купола и т. п.
Несъемная	Бетонирование монолитных конструкций без распалубливания, создание гидроизоляции, облицовки, утепления, внешнего армирования и др. Может включаться или не включаться в расчетное сечение монолитной конструкции

Показатели качества применяемой опалубки включают точность изготовления и монтажа (табл. 4.2) и качество бетонной поверхности (табл. 4.3). Показатели должны соответствовать требованиям нормативной документации. Справочные данные о нагрузках при расчете опалубок приведены в табл. 4.4. Показатели оборачиваемости опалубок приведены в табл. 4.5. Индексация (условное обозначение) опалубок и элементов опалубок производится по ГОСТ 34329-2017 (табл. 4.6).

Опалубочные работы должны производиться в соответствии с СП 70.13330.2012 и ППР. Смонтированная опалубка должна быть принята на соответствие показателям, приведенным в табл. 4.2–4.3. Требования безопасности при производстве опалубочных работ устанавливает СП 49.13330.2010, СНиП 12.03.01-2001.

Таблица 4.2

Точность изготовления и монтажа опалубки (по ГОСТ Р 58938-2020)

Наименование показателей, единица измерения	Значения показателей для классов опалубки		
	1-й	2-й	3-й
1	2	3	4
Отклонение линейных размеров швов на длине до 1 м (до 3 м), мм, не более	0,8 (1,0)	1,5 (2,0)	По требованию заказчика
Отклонение линейных размеров панелей на длине до 3 м, мм, не более	1,5	3	То же
Перепады на формообразующих поверхностях:			
стыковых соединений щитов, мм, не более	1	2	–
стыковых соединений палубы, мм, не более	0,5	2	–
Специально организованный выступ, образующий запад на бетонной поверхности, мм, не более	2	3	–
Отклонения от прямолинейности горизонтальных элементов опалубки перекрытий на длине $l$ , мм	$l/1000$ , но не более 10	$l/800$	–

Отклонение от прямолинейности формообразующих элементов на длине 3 м, мм, не более	2	4	–
Отклонения от прямолинейности вертикальных несущих элементов (стоек, рам) опалубки перекрытий на высоте h, мм, не более	$h/1000$	$h/800$	–

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4
Отклонение от плоскостности формообразующих элементов на длине 3 м, мм, не более	2	4	–
Разность длин диагоналей щитов высотой 3 м и шириной 1,2 м, мм, не более	2	5	–
Отклонение от прямого угла щитов формообразующих элементов на ширине 0,5 м, мм, не более	0,5	2	–
Сквозные щели в стыковых соединениях, мм, не более	0,5	1	2
Высота выступов на формообразующих поверхностях, мм, не более	1	2	–
Количество выступов на 1 м <sup>2</sup> , шт., не более	2	4	–
Высота впадин на формообразующих поверхностях, мм, не более	Не допускается	1	–
Количество впадин на 1 м <sup>2</sup> , шт., не более	То же	2	–

*Примечание.* Знак «–» означает необязательность установки показателя качества данного класса опалубки.

Таблица 4.3

Качество бетонной поверхности монолитной конструкции после распалубки (по ГОСТ 13015-2012)

Показатель, мм	Категория	
	A3	A4
Отклонение от плоскостности на длине до 1 м (до 3 м), не более	4,5 (9,5)	7,5 (14)
Диаметр или наибольший размер раковины, не более	4	10
Глубина впадины, не более	2	3
Высота местного наплыва (выступа), не более	не допускается	2

Таблица 4.4

Справочные данные о нагрузках при расчете опалубок

Показатель	Значение, принимаемое при расчете опалубки
1	2
Средняя плотность бетонной смеси	2500 кг/м <sup>3</sup> для тяжелого бетона
Масса арматуры	По проекту, или 100 кг/м <sup>3</sup> бетона
Нагрузка от людей, транспорта	250 кг/м <sup>2</sup>

Окончание табл. 4.4

1	2
Давление бетонной смеси на опалубку при уплотнении: наружными вибраторами глубинными вибраторами при $R > H$ глубинными вибраторами	$P_{\max} = \gamma H$ То же $P_{\max} = \gamma(0,27v + 0,28)k_1k_2$
Нагрузка при подаче бетонной смеси: по лоткам, хоботам бадьями до 0,8 м <sup>3</sup> бадьями более 0,8 м <sup>3</sup> бетононасосами	400 кг/м <sup>2</sup> 400 кг/м <sup>2</sup> 600 кг/м <sup>2</sup> 800 кг/м <sup>2</sup>
$k_1$	0,8 при О.К. = 0–2 см 1,0 при О.К. = 2–7 см 1,2 при О.К. = 8 и более см
$k_2$	1,15 при $T = 5–10\text{ }^\circ\text{C}$ ; 1,0 при $T = 11–25\text{ }^\circ\text{C}$ ; 0,85 при $T > 25\text{ }^\circ\text{C}$
Коэффициенты перегрузки: от веса опалубки от веса бетонной смеси и арматуры от веса людей и транспорта от бокового давления при вибрировании от выгружаемой смеси	1,1 1,2 1,3 1,3 (для колонн 1,5) 1,3

В таблице 4.4 приняты обозначения:

$P$  – максимальное боковое давление бетонной смеси, кПа;

$\gamma$  – объемная масса бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>;

$H$  – высота уложенного слоя бетонной смеси, оказывающего давление на опалубку, м;

$v$  – скорость бетонирования конструкции, м/ч;

$R$  – радиус действия вибратора, м;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий влияние подвижности бетонной смеси;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси;

О.К. – осадка конуса, см.

Таблица 4.5

## Показатели оборачиваемости опалубок

Тип опалубки, материал элементов опалубки	Оборачиваемость опалубки, единиц оборотов*					
	для формообразующих элементов			для поддерживающих и несущих элементов		
	1-й класс, не ме- нее	2-й класс, не ме- нее	3-й класс, до	1-й класс, не ме- нее	2-й класс, не ме- нее	3-й класс, до
Мелкощитовая:						
– сталь, алюминий;	200	100	100	250	150	150
– дерево, пластик;	20	15	15	30	20	20
– фанера при примене- нии с одной стороны для опалубки:						
стен;	60	30	30	–	–	–
перекрытий	20	10	10	–	–	–
Крупнощитовая:						
– сталь, алюминий;	300	200	200	400	250	250
– дерево, пластик;	30	20	20	–	–	–
– фанера при примене- нии с одной стороны для опалубки стен	80	60	60	–	–	–
Блочная	300	150	150	300	150	150
Объемно-переставная	500	300	300	500	300	300
Скользкая:						
– сталь;	200*	100*	100*	300*	200*	200*
– дерево	40*	30*	30*	100	50	50
Подъемно-перестав- ная	100*	60*	60*	120*	80*	80*
Горизонтально-пере- мещаемая	150*	80*	80*	200*	100*	100*
Пневматическая	10	5	5	–	–	–

\*Для скользящей, подъемно-переставной и горизонтально-перемещае-  
мой опалубки оборачиваемость приведена в величине, м, подъема или пере-  
мещения.



Таблица 4.6

## Индексация (условное обозначение) опалубок

Тип опалубки	Условные обозначения в соответствии с порядком индексации					
	О	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Тип опалубки по виду элемента монолитной конструкции: Фундаментов Ростверков Стен Колонн Перекрытий (в том числе балочных и ребристых) Куполов (сфер, оболочек, сводов) Пролетных строений мостов, эстакад и других подобных сооружений		Ф Р С К П  Кп М				
Тип опалубки по конструктивным признакам: Мелкощитовая Крупнощитовая Блочная Объемно-переставная Скользящая Горизонтально-перемещаемая Подъемно-переставная Пневматическая Несъемная			М К Б О С Г П Пн Н			
Тип опалубки по материалам несущих и формообразующих элементов: Стальная Алюминиевая Пластиковая Деревянная и из деревянных материалов Комбинированная Прочие материалы				Ст Ал Пл Д К Пм		
Класс опалубки: Первый Второй					1 2	

Третий					3	
--------	--	--	--	--	---	--

Окончание табл. 4.6

Тип опалубки	Условные обозначения в соответствии с порядком индексации					
	О	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Тип опалубки по применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру воздействия опалубки на бетон монолитной конструкции:						
Неутепленная						Н
Утепленная						У
Греющая						Г
Специальная						С

Индексация опалубки состоит из набора букв и цифр, характеризующих ее параметры в соответствии с приведенной схемой:

О – буквенное обозначение опалубки;

1 – буквенное обозначение типа опалубки по виду элементов монолитной конструкции (при необходимости по согласию с заказчиком);

2 – буквенное обозначение типа опалубки по конструктивным признакам;

3 – буквенное обозначение типа опалубки по материалам несущих элементов;

4 – класс опалубки;

5 – буквенное обозначение типа опалубки по применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру воздействия опалубки на бетон монолитной конструкции.

*Ускоренное возведение монолитных каркасов с применением страховочных элементов опалубки*

Для ускоренного возведения монолитных каркасов следует применять технологию ранней распалубки монолитных конструкций, основной составляющей которой является применение страховочных

элементов опалубки для поддержания монолитных конструкций перекрытия до набора бетоном проектной прочности.

Раннюю распалубку монолитных перекрытий следует производить при прочности бетона от 50 до 60 % от проектной с одновременным переопиранием плиты страховочными элементами на нижний этаж. В качестве страховочных элементов применяют отдельные телескопические стойки или опорные рамы и башни.

Для ускорения возведения многоэтажных зданий с монолитными перекрытиями следует применять каскадную технологию, при которой после бетонирования перекрытия и набора бетоном минимальной прочности 5 МПа необходимо приступать к монтажу опалубки вышележащего перекрытия. После набора нижележащим перекрытием распалубочной прочности следует приступать к бетонированию вышележащего. При этом опалубку под нижележащим перекрытием не снимают.

Необходимо применять также многоуровневую систему стоек или страховочных элементов для обеспечения распределения технологических нагрузок на нижние ярусы с учетом набранной ими прочности.

При использовании опалубки перекрытий на основе телескопических стоек с падающими головками часть рабочих стоек (согласно ППР) при демонтаже опалубки должна выполнять функции страховочных элементов до тех пор, пока бетон поддерживаемой плиты наберет проектную прочность.

### *Основные принципы подбора опалубки*

Выбор опалубочной системы осуществляется с учетом:

- технологического соответствия опалубки конструкциям объекта;
- экономической эффективности применения того или иного типа опалубочных систем, приемлемых для объекта.

При выборе опалубки учитываются следующие факторы:

- заданный темп возведения монолитных конструкций на типовом этаже и соответственно на захватке;

- количество захваток бетонирования на типовом этаже и их размеры, которые зависят от реального наличия опалубки, человеческих и материальных ресурсов;

- вероятные сроки тепловой обработки и выдерживание бетона в вертикальных и горизонтальных конструкциях с учетом заданных календарных сроков строительства и реальных климатических условий, вида используемого бетона и темпов роста его прочности при том или ином способе тепловой обработки;

- возможность проведения дополнительных технологических и инженерных мероприятий для ускорения оборачиваемости опалубки;

- необходимый запас элементов опалубки.

При возведении высотных зданий необходимо выбирать наиболее рациональные комплекты и типы опалубки. Опалубка и опалубочная технология должны обеспечивать циклы бетонирования не более 5–8 сут. на возведение монолитных конструкций этажа.

Выбор типа опалубки производят по следующим критериям сложности монолитных конструкций высотного здания:

- унифицированность сечения вертикальных конструкций;
- изменение по высоте толщины несущих стен;
- смещение оси стены по высоте здания;
- изменения высот по этажам;
- наличие наклонных монолитных стен;
- различие конструктивных решений каркаса по этажам высотного здания;
- скорость возведения здания;
- возможности и загрузка грузоподъемных кранов и подъемников;
- этажность.

С учетом данных критериев следует применять специальные опалубочные системы:

- самоподъемные опалубки и опалубочные платформы для зданий высотой более 25 этажей;

- подъемно-переставные опалубочные системы для зданий высотой до 25 этажей;

– направляемые подъемно-переставные опалубочные системы для зданий высотой 15–40 этажей.

Выбор типа опалубки следует производить на стадии проектирования здания.

Опалубка на объект должна поставляться комплектно.

## 5. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### 5.1. Бетонные смеси для высотного строительства

Бетонные смеси (БС) в соответствии с ГОСТ 7473-2010 подразделяются на тяжелые (Т), мелкозернистые (М) и легкие (Л) и обозначаются при заказе с указанием класса бетона по прочности на сжатие (В), марки бетонной смеси по подвижности (П – подвижные, Ж – жесткие), марки бетона по морозостойкости (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>), марки бетона по водонепроницаемости (W), марки бетона по средней плотности (D) (при ее нормировании для легких бетонов). Например, бетонная смесь тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30, марки по удобоукладываемости П4, марки бетона по морозостойкости F<sub>1200</sub>, марки бетона по водонепроницаемости W8 обозначается следующим образом:

БСТ В30 П4 F<sub>1200</sub> W8 ГОСТ 7473-2010.

Оценка качества бетонных смесей осуществляется по следующим показателям:

- марка по удобоукладываемости (при входном контроле);
- сохраняемость (при подборе состава);
- расслаиваемость (при подборе состава);
- однородность (при подборе состава);
- связность (при подборе состава);
- перекачиваемость (при подборе состава);
- воздухововлечение (при необходимости при входном контроле);
- средняя плотность (при входном контроле).

Марка по удобоукладываемости – показатель удобообрабатываемости бетонной смеси при укладке в форму или опалубку и при уплотнении. В зависимости от способности деформироваться (растекаться) под действием силы тяжести все бетонные смеси делятся на две группы: жесткие и подвижные. Жесткие бетонные смеси не деформируются под действием силы тяжести. Марка по удобоукладываемости таких смесей определяется посредством вибрирования в специальном приборе стандартного конуса из бетонной смеси. Такие бетонные

смеси редко применяются при возведении монолитных железобетонных конструкций. Марка по удобоукладываемости (марка по подвижности П) подвижных бетонных смесей определяется по величине осадки стандартного конуса из бетонной смеси (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Определение марки бетонной смеси по подвижности по величине осадки стандартного конуса

Особую группу составляют высокоподвижные бетонные смеси, которые называются самоуплотняющимися (self compacting concrete, или SCC). Их марка по удобоукладываемости определяется величиной диаметра расплыва стандартного бетонного конуса и другими показателями, представленными на рис. 5.2.

Сохраняемость бетонной смеси характеризует ее способность сохранять марку по подвижности в течение требуемого времени с момента приготовления. Потеря подвижности бетонной смеси зависит в основном от свойств цемента и заполнителей, наличия добавок, температуры бетонной смеси и окружающей среды. В современных условиях строительства в мегаполисах при поставках товарной бетонной

смеси часто требования по сохраняемости превышают 3 ч. Обеспечение высокой сохраняемости бетонных смесей достигается применением добавок – замедлителей схватывания.

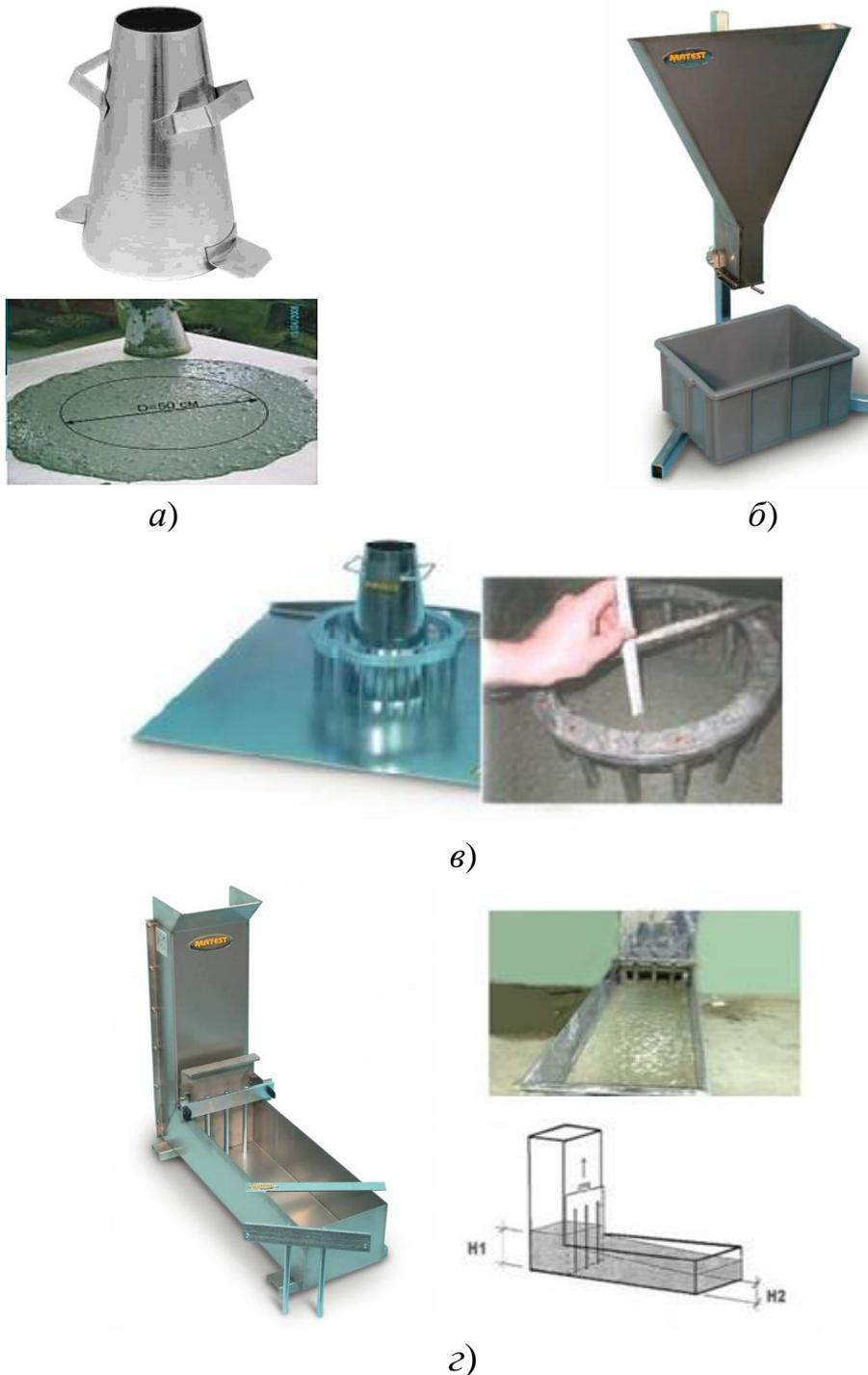


Рис. 5.2. Методы определения показателей качества самоуплотняющихся бетонных смесей:

*a* – конус Абрамса (расплыв стандартного конуса), 650–800 мм;

*б* – V-образная воронка (оценка вязкости), 8–12 с;

$v$  – J-кольцо (оценка способности проходить через арматуру),  
 $0-10$  мм;  $z$  – L-бок (оценка способности проходить через арматуру),

$$H_2 / H_1 = 0,8 - 1,0$$

Показатели расслаиваемости бетонной смеси характеризуют способность бетонной смеси сохранять однородность при транспортировании, перегрузке, укладке и уплотнении. Количественно расслаиваемость характеризуется величиной водоотделения и раствооотделения (табл. 5.1). Расслаиваемость бетонной смеси зависит от подвижности смеси, водосодержания, наличия добавок, наполнителей, свойств цемента и заполнителей, состава бетонной смеси.

Таблица 5.1

Показатели расслаиваемости бетонных смесей

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости	Водоотделение, %	Раствороотделение, %	
		тяжелые	легкие
Ж5–Ж1	< 0,2	3	4
П1–П2	< 0,4	3	4
П3–П5	< 0,8	4	6

Показатели расслаиваемости самоуплотняющейся бетонной смеси определяются иным методом – по величине раствооотделения, которая не должна превышать 10–20 %.

Однородность бетонной смеси характеризует равномерность распределения компонентов смеси в ее объеме, т. е. качество перемешивания. Однородность может быть определена, например, по величине содержания крупного заполнителя в различных порциях бетонной смеси мокрым рассевом.

Связность бетонной смеси характеризует способность смеси деформироваться, например при заполнении опалубки, без разрывов, т. е. с сохранением сплошности. Этот показатель связан с расслаиваемостью. Связность смеси зависит от состава бетона, наличия наполнителей и добавок.

Перекачиваемость бетонной смеси характеризует пригодность бетонной смеси к перекачиванию бетононасосами по бетоноводам. Одними из необходимых условий перекачиваемости бетонной смеси являются:

- подвижность бетонной смеси должна быть не менее 8 см О.К. (как правило, используют более подвижные смеси с величиной О.К. не менее 16 см);
- суммарное содержание цемента и наполнителя должно составлять не менее 350 кг/м<sup>3</sup>;
- максимальный размер заполнителя  $D_{\max}$  не должен превышать 0,25 диаметра бетоновода;
- объемная концентрация крупного заполнителя ( $\varphi$ ) не должна превышать 0,45 кг/м<sup>3</sup>.

$$\varphi = \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{Щ,к}}},$$

где Щ – содержание крупного заполнителя, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{Щ,к}}$  – плотность крупного заполнителя в куске, кг/м<sup>3</sup>.

Бетонная смесь должна быть однородной, связной, с минимальными показателями водо- и раствооотделения. Ограничивается также воздухововлечение в бетонную смесь – показатель, характеризующий содержание в составе бетонной смеси вовлеченного воздуха в виде равномерно распределенных воздушных пузырьков. Содержание вовлеченного воздуха в составе бетонной смеси зависит от ее подвижности, состава бетона, свойств мелкого заполнителя. Для воздухововлечения используют воздухововлекающие добавки. Вовлеченный воздух оказывает положительное влияние на морозостойкость бетона, и для некоторых бетонов, например бетон для дорожных и аэродромных покрытий, стандарты регламентируют содержание вовлеченного воздуха в пределах 4–7 % объема смеси. Обязательно наличие вовлеченного воздуха в составе бетонной смеси для бетонов с маркой по морозостойкости F<sub>1200</sub> и выше.

Различают следующие стадии бетонной смеси и бетона:

- бетонная смесь до укладки и уплотнения (товарная бетонная смесь);
- бетонная смесь после завершения уплотнения – свежеуложенный бетон;
- твердеющий бетон – от момента начала интенсивного структурообразования (ориентировочно несколько часов с момента пригото-

ления бетонной смеси) до проектного возраста. При отсутствии указаний в проекте за проектный возраст для портландцементных бетонов принимается 28 сут.;

– бетон зрелого возраста – после проектного возраста.

Основным показателем качества свежесушеного бетона является степень уплотнения, которая количественно определяется величиной коэффициента уплотнения, численно равного отношению фактического объема уплотненной бетонной смеси к «теоретическому» объему уплотненной смеси, не содержащей пустот. Величина коэффициента уплотнения составляет от 0,93 до 0,98 для жестких смесей, от 0,98 и выше – для подвижных и высокоподвижных. Объем пустот в неуплотненной смеси (они заполнены заземленным при перемешивании смеси воздухом) уменьшается с увеличением ее подвижности, в связи с чем объем неуплотненной смеси может существенно превышать объем уплотненной бетонной смеси, т. е. свежесушеного бетона (табл. 5.2).

Таблица 5.2

## Изменение объема бетонных смесей при уплотнении

Бетонная смесь	Относительный объем бетонной смеси			
	жесткая (Ж1–Ж5)	подвижная (П1–П2)	высокоподвижная (П3–П5)	самоуплотняющаяся
До уплотнения	До 1,6	До 1,3	До 1,07	Около 1,0
После уплотнения	1,0			

Классы бетонной смеси по степени уплотняемости регламентируются в европейских нормах EN 206-1 и в ГОСТ 7473-2010 (табл. 5.3). Степень уплотняемости – отношение объема неуплотненной бетонной смеси к объему бетонной смеси в уплотненном состоянии.

Таблица 5.3

## Классы бетонной смеси по степени уплотняемости

Нормы	Степень уплотняемости бетонной смеси				
	более 1,46	1,45–1,26	1,25–1,11	1,10–1,04	не нормируется
	более 1,45	1,45–1,26	1,25–1,11	1,10–1,04	менее 1,04
EN 206-1	C0	C1	C2	C3	–

ГОСТ 7473-2010	КУ1	КУ2	КУ3	КУ4	КУ5
----------------	-----	-----	-----	-----	-----

Сведения о марках бетонной смеси по удобоукладываемости по ГОСТ 7473-2010 приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

 Марки бетонной смеси по удобоукладываемости  
 (жесткости, подвижности, растекаемости)

Марка по удобоукладываемости	Значения показателей		
	Жесткость, с	Осадка конуса, см	Диаметр расплыва, см
Ж-5	51 и более		
Ж-4	31–50		
Ж-3	21–30		
Ж-2	11–20		
Ж-1	5–10		
П-1		1–4	
П-2		5–9	
П-3		10–15	
П-4		16–20	
П-5		21 и более	
Р1			менее 35
Р2			35–41
Р3			42–48
Р4			49–55
Р5			56–62
Р6			63 и более
СУ1			55–65
СУ2			66–75
СУ3			76–85

Собственно бетонные работы (бетонирование) при возведении монолитных железобетонных конструкций включают: приготовление, транспортирование и подачу бетонной смеси к месту укладки, укладку и уплотнение бетонной смеси, уход за твердеющим бетоном.

Способ подачи бетонной смеси следует выбирать по расчетному значению интенсивности бетонирования. Выбор способа укладки бетонной смеси следует осуществлять с учетом геометрии и степени армирования конструкции, свойств бетонной смеси. Рекомендуемые способы бетонирования приведены в табл. 5.5.



Таблица 5.5

## Рекомендуемые способы бетонирования

Способ бетонирования, оборудование	Интенсивность, м <sup>3</sup> /ч	Область применения	Способ подачи бетонной смеси
1	2	3	4
Гравитационный: – автобетоносмесители с транспортером; – бетоновозы с непосредственной подачей смеси в опалубку; – бетоновозы с лотками (желобами)	8–10  до 5  до 5	Фундаменты, подготовки под полы и полы при дальности подачи смеси до 6 м	При высоте сброса смеси до 2 м по схеме «транспортное средство – лоток – опалубка». При высоте сброса более 2 м по схеме «транспортное средство – лоток – хобот – опалубка»
Ленточные бетоноукладчики	10–20	Конструкции нулевого цикла при дальности подачи до 20 м на высоту до 8 м	По схеме «транспортное средство – транспортер – хобот – опалубка»
Крановая подача в поворотных или неповоротных бадьях емкостью до 2 м <sup>3</sup>	до 5	Конструкции нулевого и надземного цикла здания в зоне влияния крана	По схеме «транспортное средство – бункер – опалубка»
Виброконвейер (виброжелоба с вибропитателем)	5–40	Конструкции нулевого и надземного цикла здания за пределами зоны влияния крана либо в замкнутых пространствах (при реконструкции) с наклоном от 5° до 30° на расстояние до 30 м	По схеме «транспортное средство – бункер – кран – вибропитатель – виброконвейер – опалубка»
Бетононасосы	6–120	Конструкции нулевого и надземного цикла здания в пределах зоны влияния	По схеме «автобетоносмеситель – автобетононасос – манипулятор (бетонораспределительная



Окончание табл. 5.5

1	2	3	4
		бетононасоса (автобетононасосы до 60 м по горизонтали и вертикали; стационарные – до 350 м по вертикали, до 1 000 м по горизонтали)	стрела) – опалубка». Радиус действия стрелы от 15 до 50 м в зависимости от типа
Звеньевые конвейеры	40–50	Конструкции нулевого цикла при дальности подачи до 1 000 м	По схеме «транспортное средство – секции звеньевого конвейера – звеньевой хобот – опалубка»

*Примечание.* Автобетоносмесители имеют объем барабана от 3 до 15,3 м<sup>3</sup>.

Выбор бетоноукладочного комплекса осуществляется с учетом вида бетонируемой конструкции, ситуационных условий стройплощадки, сроков производства работ, среднего и пикового темпа бетонирования, климатических условий. Для транспортирования бетонных смесей в основном применяются автобетоносмесители. Для подачи и укладки бетонных смесей применяют:

- переносные бункера (бадьи) поворотные и неповоротные (вертикальные) вместимостью до 2,5 м<sup>3</sup>, в том числе оборудованные лотками (рис. 5.3);
- хоботы и виброхоботы;
- бетоноводы бетононасосов автомобильные либо стационарные с бетонораспределительными стрелами с радиусом подачи до 23 м;
- пневмонагнетатели;
- ленточные конвейеры и бетоноукладчики;
- желоба и виброжелоба.

На рис. 5.4 представлена подача бетонной смеси различным оборудованием.



а)

б)

Рис. 5.3. Переносные бункера (бадья):  
а – поворотные; б – неповоротные (вертикальные)



а)



б)



в)



г)

Рис. 5.4. Подача бетонной смеси:  
а – бадьей; б – по лотку; в – ленточным конвейером; г – автобетононасосом;  
д, е – стационарным бетононасосом (д) с бетонораспределительной стрелой (е)  
(начало)



д)

е)

Рис. 5.4. Окончание

Отличительные характеристики способов подачи бетонной смеси бетононасосами приведены в табл. 5.6. При расчетах реальную производительность бетононасосов принимают до 80 % от теоретической.

Таблица 5.6

Основные отличительные характеристики стационарных и автобетононасосов

Тип	Дальность подачи по горизонтали, м	Высота подачи, м	Максимальная теоретическая производительность, м <sup>3</sup> /ч
Автобетононасос	13,0–57,6	16,0–61,6	75–200
Стационарный	80–1 000	40–350	20–120

*Примечание.* Производительность и дальность подачи не всегда пропорциональны.

При выборе способа подачи бетонной смеси следует учитывать ограничения по подвижности бетонной смеси как при подаче (табл. 5.7), так и при укладке в конструкцию (рекомендуемые марки по удобоукладываемости см. в табл. 5.8), а также следует учитывать требования по обеспечению:

- допустимой высоты сбрасывания бетонной смеси;
- минимизации перегрузок бетонной смеси;
- защиты бетонной смеси от атмосферных осадков;
- требуемой температуры при укладке в опалубку в зимнее время или в сухую жаркую погоду с учетом массивности конструкции.

Таблица 5.7

Рекомендуемая подвижность бетонной смеси в зависимости от способа подачи

Способ подачи	Подвижность бетонной смеси, см О.К.	
	рекомендуемая	допускаемая
Ленточные конвейеры	1–4 (П1)	4 – 10 (П2 5–9)
Вибролотки	4–12 (П2, П3 10–15)	1–4 (П1), 12–15 (П3)
Бадьи и бункера	3–24 (П1–П5)	1–3 (П1)
Хоботы, виброхоботы	2–24 (П1–П5)	1–2 (П1)
Пневмонагнетатели	6–24 (П2–П5)	4–6
Бетононасосы	8–24 (П2–П5)	6–8
Лотки	1–24 (П1–П5)	–

Таблица 5.8

Рекомендуемые марки бетонной смеси по удобоукладываемости на объекте

Вид конструкции	Марка по удобоукладываемости
1	2
Подготовка под фундаменты и полы, основания дорог и аэродромов	Ж1, П1
Полы, покрытия дорог и аэродромов, массивные бетонные или малоармированные конструкции	П1
Массивные армированные конструкции, плиты, балки	П1, П2
Колонны массивные	П2
Сильноармированные конструкции горизонтальные вертикальные	П2, П3 П3, П4
Конструкции, бетонируемые в скользящей опалубке	П2, П3
Бетонные или малоармированные железобетонные конструкции – плиты перекрытий, трубопроводы, облицовки туннелей, фундаменты Они же, бетонируемые без уплотнения бетонной смеси	П5, P1–P6, SF11
Массивные сильноармированные конструкции, плиты, балки, колонны Они же, бетонируемые без уплотнения бетонной смеси	P4–P6, SF2*

Окончание табл. 5.8

1	2
Сильноармированные конструкции, бетонируемые без уплотнения бетонной смеси	SF3*
При подаче бетонной смеси по бетоноводам с применением бетононасосов или пневмонагнетателей	ПЗ, П4 и выше
Конструкции с качеством поверхности после распылки А2	SF1, SF2

*Примечание.* Потеря подвижности бетонной смеси составляет ориентировочно от 2 до 5 см О.К. на 10 км пути или от 1 до 5 см О.К. на каждые 30 мин в зависимости от вида смеси, температуры и скорости движения.

\* – СУБС – самоуплотняющиеся бетонные смеси.

Разработка технологического регламента бетонирования (технологической карты на бетонирование) осуществляется на основании выбранного бетоноукладочного комплекса и определенных требований к бетонной смеси по технологическим характеристикам с учетом сырьевой базы района строительства.

## 5.2. Укладка бетонной смеси

Бетонные смеси следует укладывать в бетонируемые конструкции горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов, с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях (рис. 5.5).

Толщина укладываемого слоя бетонной смеси  $h$ , м, зависит от:

- способа уплотнения и параметров вибраторов;
- площади бетонирования  $A$ , м<sup>2</sup>, интенсивности подачи бетонной смеси  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч, времени укладки слоя бетонной смеси  $t$ , ч, которое зависит от сохраняемости смеси и обычно принимается не более среднего арифметического начала и конца схватывания цемента с учетом влияния добавок в составе бетонной смеси и ее температуры на сроки схватывания:

$$h = \frac{Qt}{A}.$$

Способ укладки бетонной смеси (см. табл. 5.5) должен обеспечивать монолитность конструкции. Новая порция бетонной смеси должна быть уложена до начала схватывания бетона ранее уложенного слоя. При вынужденном или запланированном перерыве в укладке бетонной смеси устраиваются рабочие швы (рис. 5.6).

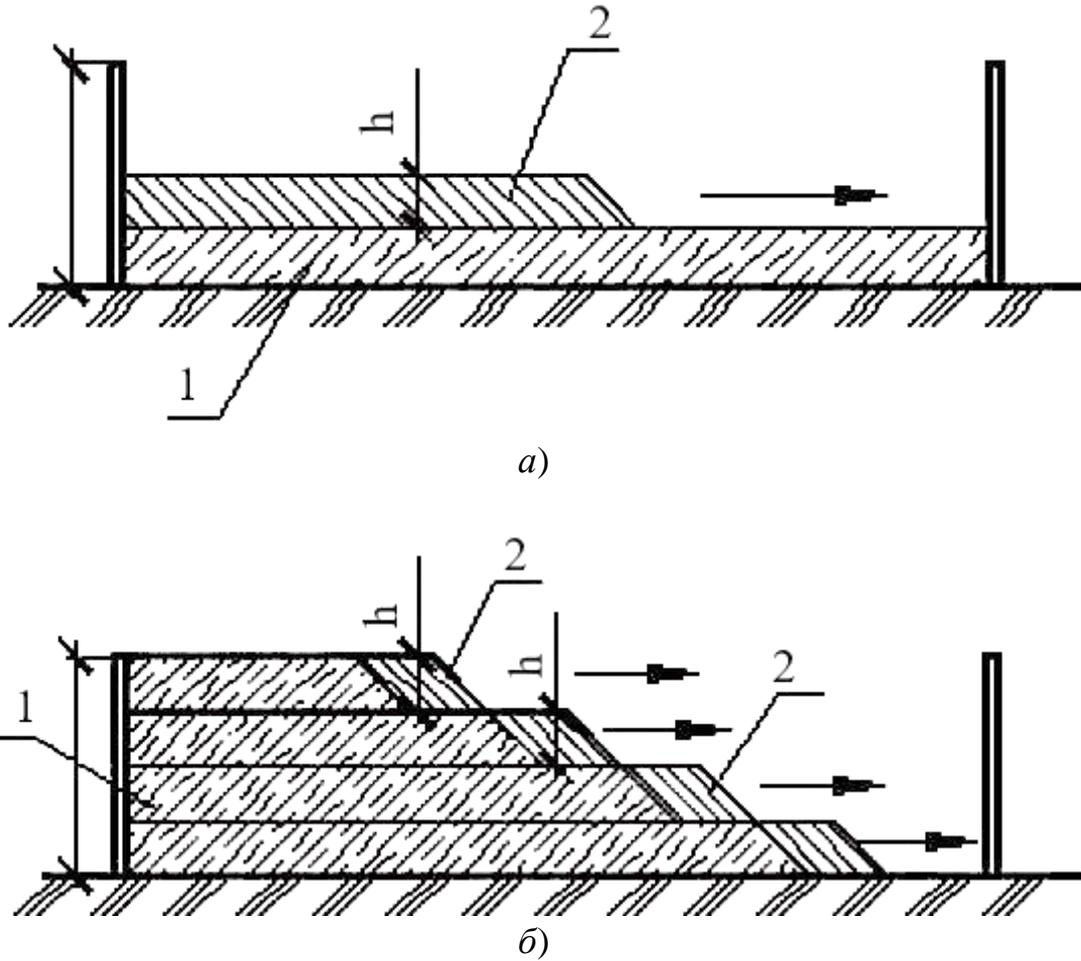


Рис. 5.5. Схема укладки бетонной смеси слоями (а) и ступенями (б):  
 $h$  – толщина слоя; 1 – предыдущий слой; 2 – последующий слой

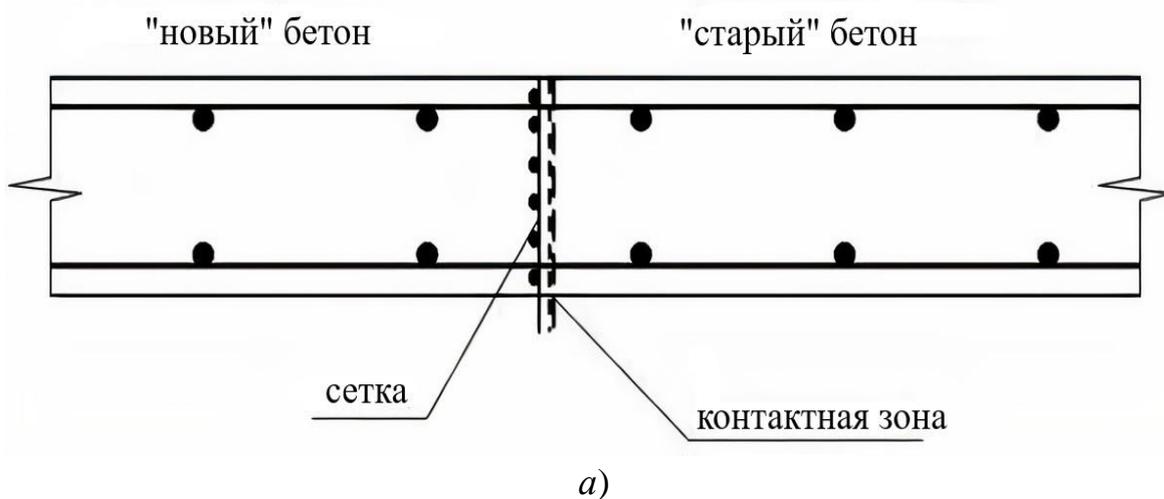


Рис. 5.6. Устройство рабочего шва в монолитной железобетонной плите:  
а – схема; б – отсечная сетка (сетка-отсекатель)

(начало)



б)

Рис. 5.6. Окончание

Поверхность рабочих швов должна быть перпендикулярна оси бетонируемых колонн и балок, поверхности плит и стен. Возобновление бетонирования согласно СП 70.13330.2012 допускается производить по достижении бетоном прочности не менее 1,5 МПа. Места расположения рабочих швов (рис. 5.7) указываются в проекте производства работ либо принимаются по требованиям СП 70.13330.2012 для конструкций:

- колонн – на отметке верха фундамента, низа прогонов, балок и подкрановых консолей, верха подкрановых балок, низа капителей колонн;

- балок больших размеров, монолитно соединенных с плитами – от 20 до 30 мм ниже отметки нижней поверхности плиты, а при наличии в плите вутов (плавного увеличения поперечного сечения железобетонных опорных или перекрывающих пролет конструкций вблизи от места опирания) – на отметке низа вута плиты;

- плоских плит – в любом месте параллельно меньшей стороне плиты;



– ребристых перекрытий – в направлении, параллельном второстепенным балкам;

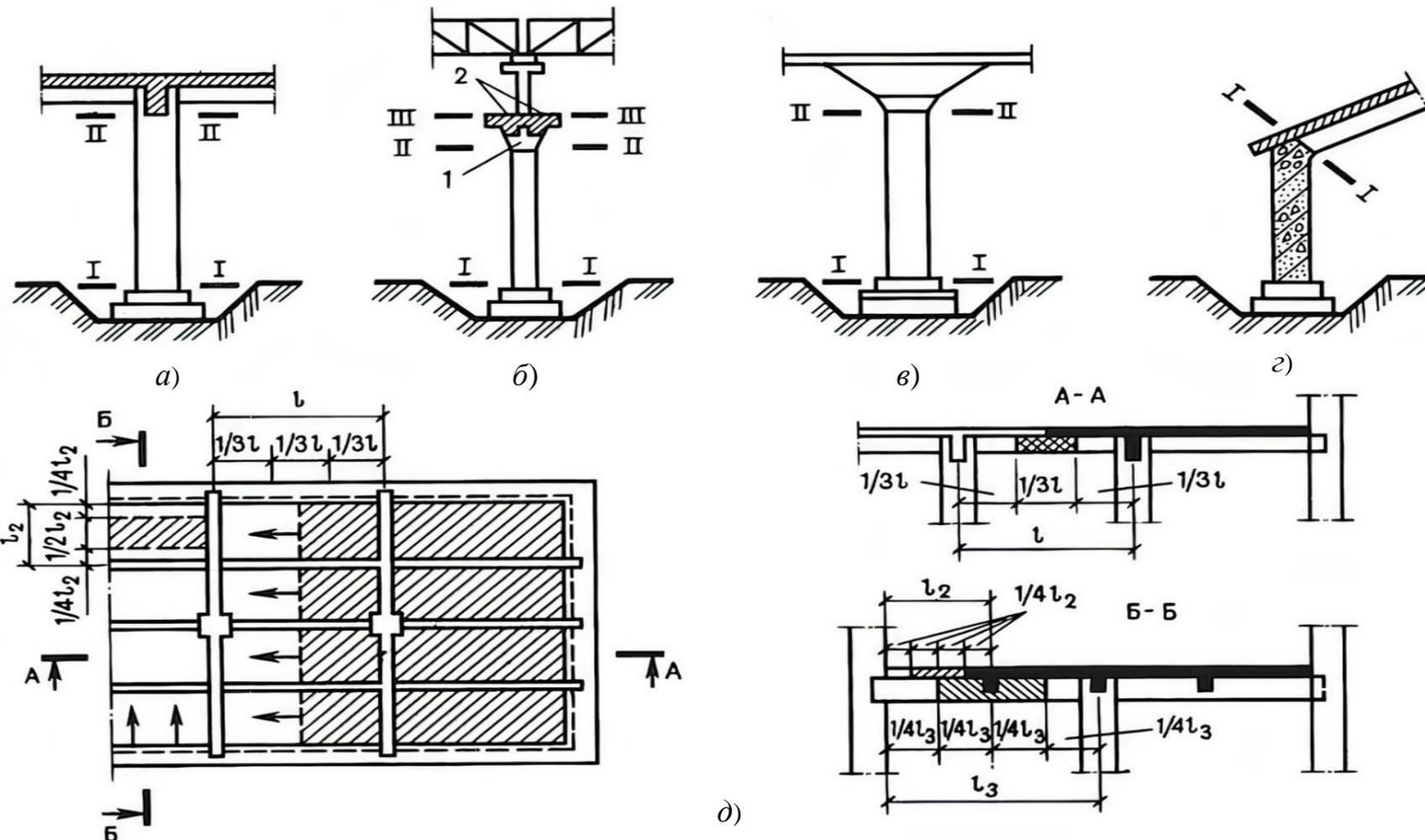


Рис. 5.7. Места расположения рабочих швов в монолитных железобетонных конструкциях:

*a* – расположение рабочих швов при бетонировании колонн и балок ребристого перекрытия; *б* – то же, колонн с подкрановыми балками; *в* – то же, колонн с безбалочным перекрытием; *г* – то же, стойки и ригеля рамы; *д* – то же, ребристого перекрытия в направлении, параллельном балкам (разрез А–А, Б–Б); 1 – прогоны; 2 – балки;



3 – доска; I–I, II–II, III–III, IV–IV – места устройства рабочих швов

– отдельных балок – в пределах средней трети пролета балок, в направлении, параллельном главным балкам (прогонам), и в пределах двух средних четвертей пролета прогонов и плит;

– массивов, арок, сводов, резервуаров, бункеров, гидротехнических сооружений, мостов и других сложных инженерных сооружений и конструкций – в местах, указанных в проекте.

При устройстве рабочих швов в иных местах, например из-за отсутствия комплекта опалубки с нужными параметрами (рис. 5.8), их расположение следует согласовать с проектной организацией.

Для предотвращения расслоения бетонной смеси при укладке в опалубку высота свободного сбрасывания бетонной смеси в опалубку конструкций по СП 70.13330.2012 не должна превышать:

- 3,5 м для колонн;
- 1 м для перекрытий;
- 4,5 м для стен;
- 6 м для неармированных конструкций;

– 4,5 м для слабоармированных (расход арматуры менее  $70 \text{ кг/м}^3$  или расстояние между параллельными стержнями в свету более  $6d_{\text{max}}$ ) подземных конструкций в сухих и связных грунтах;

- 3 м для густоармированных конструкций.

Для высокоподвижных и самоуплотняющихся бетонных смесей высота свободного сбрасывания не должна превышать 1 м.



Рис. 5.8. Рабочие швы в колоннах

### 5.3. Уплотнение бетонной смеси

Уплотнение бетонной смеси должно обеспечивать требуемую плотность и однородность бетона. Толщина уплотняемого слоя должна соответствовать глубине проработки поверхностным или глубинным вибратором. Оборудование для уплотнения бетонных смесей (рис. 5.9) должно выбираться с учетом марки бетонной смеси по удо-

боукладываемости, геометрии конструкции, степени армирования. Наиболее часто применяются вибраторы глубинные, в том числе с гибким валом и поверхностные вибраторы (виброрейки). При большом объеме работ применяются пакеты глубинных вибраторов (гребенка). Применяются также тяжелые подвесные вибраторы. Для отделки поверхности применяют манипуляторы (затирочные машины).

Работы по уплотнению бетонной смеси различным оборудованием представлены на рис. 5.10.



а)



б)



в)

Рис. 5.9. Оборудование для уплотнения бетонной смеси:  
а – глубинный вибратор;

Рис. 5.10. Уплотнение бетонной смеси: а – глубинным вибратором; б – виброрейкой; в – отделка





#### 5.4. Уход за твердеющим бетоном

Уход за твердеющим бетоном должен обеспечить достижение бетоном требуемых показателей качества в проектном возрасте. Различают уход первичный и последующий. В составе ППР или технологического регламента на бетонирование должны указываться:

- способы ухода;
- продолжительность ухода;
- перечень контролируемых в процессе ухода показателей и способы контроля.

Первичный уход в жаркую сухую погоду должен предотвратить испарение воды из свежееуложенного бетона и неравномерный нагрев конструкции солнечным излучением. Первичный уход в зимних условиях должен предотвратить замерзание свежееуложенного бетона. Продолжительность первичного ухода составляет от нескольких часов в зимних условиях до суток или до достижения прочности 1,5 МПа в сухую жаркую погоду.

Последующий уход должен обеспечить благоприятные температурно-влажностные условия для формирования структуры и свойств твердеющего бетона. Вид и продолжительность последующего ухода должны определяться при разработке ППР с учетом вида конструкции, состава бетонной смеси, погодных условий, технологии бетонирования. Продолжительность последующего ухода должна обеспечить достижение бетоном критической прочности. Значение критической прочности при зимних условиях производства работ устанавливается по СП 70.13330.2012 и может составлять в зависимости от вида конструкции, проектных требований к бетону, класса бетона по прочности на сжатие, наличия противоморозных добавок в бетонной смеси от 20 до 80 % от проектной прочности. В сухую жаркую погоду в соответствии с СП 70.13330.2012 продолжительность ухода должна обеспечить не менее 70 %, а при обосновании не менее 50 % от проектной прочности. Более объективным требованием является продолжительность влажностного ухода в сухую жаркую погоду не менее 7 сут.

Для предотвращения раннего трещинообразования из-за неравномерных температурных и усадочных деформаций бетона вследствие

градиентов температур «ядро – периферийные зоны» массивных монолитных железобетонных конструкций СП 435.1325800.2018 предписывает провести теплотехнический расчет в период экзотермического разогрева для выбора параметров ухода за твердеющим бетоном, в том числе регулирование температурного режима. При традиционном режиме бетонных работ интенсивностью до  $40 \text{ м}^3/\text{ч}$  и конструкциях средней и малой массивности с модулем поверхности  $M_{\text{п}} > 6$  специальные мероприятия по регулированию температурного режима твердения обычно не требуются. Регулирование температурного режима твердения необходимо обеспечивать при бетонировании массивных конструкций с объемом более  $1\,000 \text{ м}^3$  и модулем поверхности  $M_{\text{п}} < 3$  при интенсивности укладки бетонной смеси более  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Например, модуль поверхности куба с ребром 1 м равен 6, с ребром 2 м равен 3. Развитая в плане фундаментная плита толщиной 600 мм имеет модуль поверхности 3,3, а при толщине 800 мм – 2,5.

Технологические мероприятия по регулированию температурного режима твердения в составе ППР должны предусматривать:

- укладку бетонной смеси с минимально возможной температурой;
- использование цементов с низкой экзотермией и составов бетона с минимально возможным расходом цемента;
- устройство охлаждающих регистров в теле бетонируемой конструкции;
- подогрев периферийной части в период разогрева бетонного массива за счет экзотермии цемента (ориентировочно от 1,5 до 3 сут.) для выравнивания температурного градиента;
- поддержание скорости остывания бетона в конструкции не более  $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{ч}$  после достижения его максимальной температуры;
- обеспечение перепада температуры «поверхность конструкции – воздух» в момент окончания технологических мероприятий по регулированию температурного режима твердения не более  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- способы и места контроля температурного режима конструкции.

## 5.5. Особенности производства бетонных работ в зимних условиях

При бетонировании конструкций в зимних условиях (по СП 70.13330.2012) в составе ППР следует специально разрабатывать мероприятия, обеспечивающие:

- предотвращение замерзания бетонной смеси в период транспортирования, укладки и уплотнения;
- предотвращение замерзания свежесуложенного бетона;
- благоприятные температурно-влажностные условия формирования прочности твердеющего бетона;
- перечень контролируемых параметров (подвижность бетонной смеси, температура бетонной смеси, кинетика прочности) и способы контроля.

Для предотвращения замерзания бетонной смеси в период транспортирования, укладки и уплотнения следует применять химические добавки с учетом температуры окружающей среды, утепление бетоно-транспортных средств. Методы зимнего бетонирования следует принимать с учетом типа бетонируемой конструкции, технологии бетонирования, состава бетонной смеси, климатических условий (табл. 5.9 и 5.10).

Все методы зимнего бетонирования можно разделить на две группы:

- безобогревные (без затрат тепловой энергии), включающие термос и применение химических добавок для холодного бетона;
- обогревные (энергозатратные).

Безобогревные методы зимнего бетонирования представлены на рис. 5.11, обогревные – на рис. 5.12.

Таблица 5.9

Методы зимнего бетонирования

Метод бетонирования по СП 70.13330.2012	Область применения	Ориентировочный расход энергии, кВт·ч/м <sup>3</sup>	Особенности технологии
1	2	3	4
Термос	Массивные конструкции с $M_{II} < 3$	–	Температура бетонной смеси в момент укладки не менее 10 °С. Утепленная опалубка. Скорость остывания не более 5 °С/ч



Продолжение табл. 5.9

1	2	3	4
Сквозной электродный прогрев	Бетонные и малоармированные конструкции с $M_{п}$ от 3 до 10 толщиной до 50 см	80–110	Скорость подъема температуры не более 10 °С/ч. Температура изотермы не более 50 °С. Продолжительность прогрева – до достижения критической прочности
Периферийный электрообогрев	Конструкции с $M_{п} < 15$ . Односторонний прогрев при толщине до 20 см в сочетании с утепленной опалубкой. Двусторонний – при толщине более 20 см	90–120	Скорость подъема температуры не более 15 °С/ч. Температура изотермы не более 50 °С. Продолжительность прогрева – до достижения критической прочности
Предварительный форсированный электроразогрев, в том числе в опалубке с повторным вибрированием	Конструкции с $M_{п} < 8$	40–80	Разогрев бетонной смеси до 70–80 °С за 10–15 мин в бункерах или в опалубке (после уплотнения). Для $M_{п} < 5$ достаточно термосного выдерживания в утепленной опалубке. Для $M_{п} > 5$ может потребоваться дополнительный обогрев
Кондуктивный обогрев (греющая опалубка)	Конструкции с $M_{п} > 8$	100–130	Скорость подъема температуры не более 10 °С/ч. Температура изотермы не более 50 °С. Продолжительность прогрева – до достижения критической прочности
Электропрогрев греющими проводами	Конструкции с $M_{п} > 10$	80–110	Скорость подъема температуры не более 10 °С/ч. Температура изотермы не более 50 °С. Температура нагревателя на контакте с бетоном не более 80 °С. Продолжительность прогрева – до достижения критической прочности
Обогрев инфракрасными излучателями	Стены, перекрытия	120–200	Температура нагреваемой бетонной поверхности не выше 80 °С. Обязательна защита от испарения воды из бетона

Окончание табл. 5.9

1	2	3	4
Индукционный прогрев	Железобетонные густоармированные конструкции линейного типа	100–150	Скорость подъема температуры не более 15 °С/ч. Температура изотермы не более 50 °С. Температура бетона на контакте с арматурой не более 80 °С. Продолжительность прогрева – до достижения критической прочности
Конвективный прогрев (электрокалориферы, тепляки)	Конструкции с $M_{II} > 10$ в замкнутых пространствах при температуре наружного воздуха до –30 °С	120–200	Камерный традиционный (общий тепляк) при температуре до 20 °С, свыше – камерный локальный тепляк
Безообогревный с применением химических добавок	При температуре наружного воздуха до –15 °С	–	Ограничения по виду добавок в зависимости от вида арматуры, требования к качеству поверхности
Паропрогрев (острым или глухим паром)	Любые конструкции, требующие обогрева	90–140	Скорость подъема температуры не более 15 °С/ч. Температура изотермы не более 50 °С. Продолжительность прогрева – до достижения критической прочности

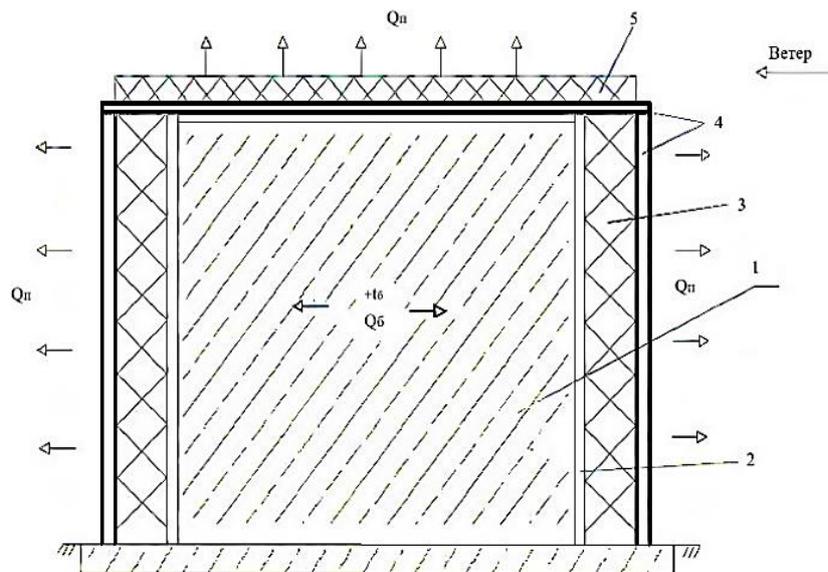
Таблица 5.10

## Рекомендуемые методы бетонирования в зависимости от вида конструкций

Вид конструкций	Минимальная температура воздуха, °С, до	Способ бетонирования
	1	
Массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3	–15	Термос
	–25	Термос с применением ускорителей твердения бетона. Термос с применением противоморозных добавок
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т. п. с модулем поверхности 3–6	–15	Термос, в том числе с применением противоморозных добавок и ускорителей твердения
	–25	Обогрев в греющей опалубке. Предварительный разогрев бетонной смеси
	–40	Обогрев в греющей опалубке. Периферийный электропрогрев

Окончание табл. 5.10

1	2	3
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с модулем поверхности 6–10	–15	Термос с применением противоморозных добавок, обогрев в греющей опалубке нагревательными проводами. Предварительный разогрев бетонной смеси, индукционный нагрев
	–40	Обогрев в греющей опалубке, нагревательными проводами в сочетании с термоактивными гибкими покрытиями с применением противоморозных добавок
Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности 10–20	–40	Обогрев в греющей опалубке, нагревательными проводами в сочетании с термоактивными гибкими покрытиями с применением противоморозных добавок



a)

Рис. 5.11. Безобогревные методы:

1 – бетон; 2 – обшивка опалубки; 3 – прослойка утеплителя;  
 4 – паро-воздухонепроницаемый слой; 5 – теплоизолирующий слой  
 на открытой грани конструкции;

$t_b$  – температура бетона;  $Q_b$  – тепловыделение бетона;

$Q_n$  – тепловыделение поверхности; б – пенополистирольная опалубка  
 (начало)

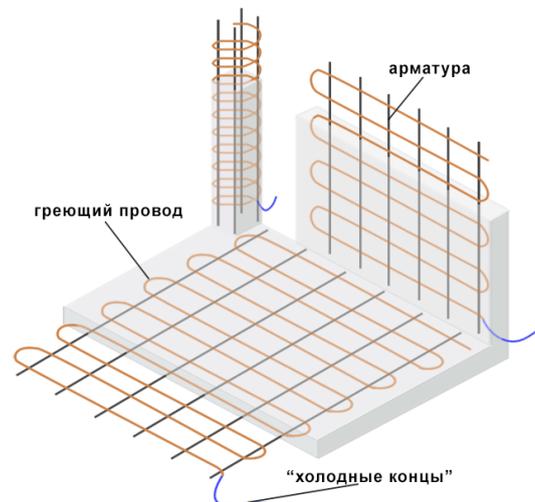


б)

Рис. 5.11. Окончание



а)



б)

Рис. 5.12. Обогревные методы зимнего бетонирования:  
*а* – обогрев плиты перекрытия термоматами; *б* – схема прогрева греющими проводами; *в* – схема индукционного прогрева колонны:  
*n* – шаг между витками индуктора; *1* – индуктор; *2* – стержневая арматура;  
*3* – жесткая арматура; *4* – металлическая опалубка;  
*г* – схема сквозного электродного прогрева колонны;  
*д* – схема выдерживания конструкции в тепляке:  
*1* – тепляк; *2* – прогретый воздух; *3* – опалубка с бетоном;  
 $Q_t$  – тепловыделение внутри термоса;  $Q_{п}$  – тепловыделение с поверхности  
 (начало)

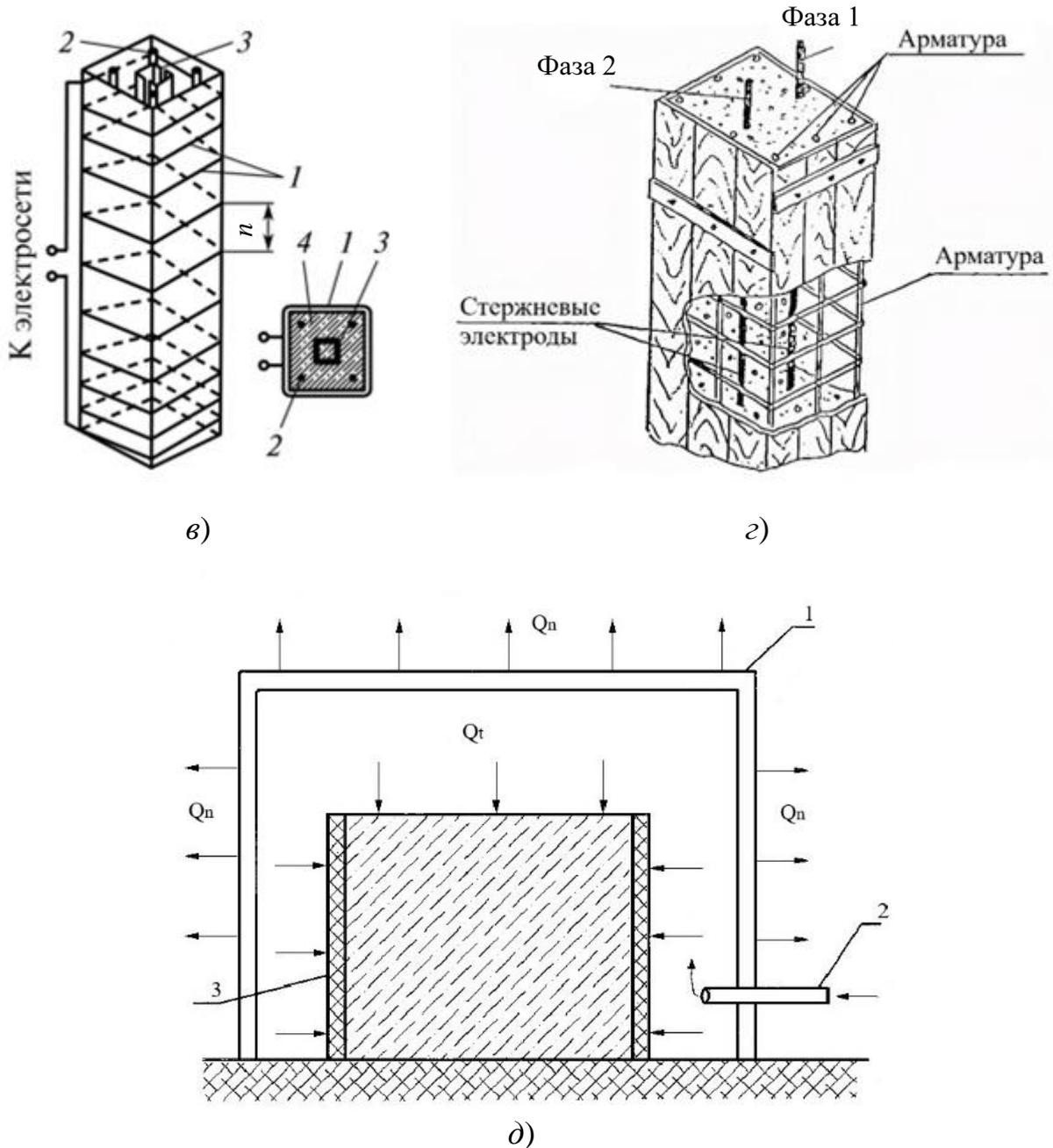


Рис. 5.12. Окончание

Применяемые методы зимнего бетонирования должны обеспечивать достижение бетоном критической прочности к требуемому сроку. При отсутствии данных о значении критической прочности в проектной документации значение критической прочности бетона несущих конструкций следует принимать не менее 70 % проектной прочности. Если для бетонируемой конструкции установлены помимо прочности проектные требования по показателям морозостойкости и водонепроницаемости, значение критической прочности следует принимать не

менее 80–85 % проектной прочности. Бетонирование конструкций при температуре наружного воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  следует производить с учетом п. 2.56–2.58 СП 70.13330.2012. При применении «горячих» бетонных смесей температуру смеси следует принимать с учетом требований п. 2.62 СП 70.13330.2012. Контроль температуры бетонной смеси выполняется по каждому бетонотранспортному средству. Температура твердеющего бетона контролируется по каждой конструкции.

### **5.6. Особенности производства бетонных работ в жаркую сухую погоду**

В сухую жаркую погоду при температуре воздуха в 13 часов в тени выше  $25^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха менее 50 % согласно СП 70.13330.2012 при производстве бетонных работ в составе ППР следует разрабатывать комплекс мероприятий, предотвращающих снижение качества бетонной смеси и бетона, перечень контролируемых показателей бетонной смеси и бетона, способы контроля. При воздействии ветра следует рассматривать скорость ветра 2 м/с эквивалентной повышению температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ .

Согласно СП 70.13330.2012 в качестве вяжущего для бетонной смеси следует применять быстротвердеющий средне- и низкоалюминатный портландцемент с активностью, превышающей проектную прочность бетона не менее чем в 1,5 раза. Для бетонов класса В22,5 и выше допускается применять пластифицированные цементы, марка которых превышает проектную прочность бетона менее чем в 1,5 раза, либо предусматривать введение в состав бетонной смеси пластифицирующих добавок. Не допускается применение пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента марки ниже М400 и глиноземистого цемента для бетонирования надземных конструкций, за исключением случаев, предусмотренных проектом. Цементы не должны обладать ложным схватыванием, иметь температуру выше  $50^{\circ}\text{C}$ . Нормальная плотность цементного теста не должна превышать 27 %.

Температура бетонной смеси при бетонировании конструкций с модулем поверхности более трех не должна превышать  $35^{\circ}\text{C}$ . Температура бетонной смеси для массивных конструкций с модулем поверх-

ности менее трех не должна превышать 20 °С. Для снижения температуры бетонной смеси следует использовать ледяную воду затворения либо заменять часть воды затворения льдом. Расчет параметров снижения температуры бетонной смеси должен выполняться и контролироваться строительной лабораторией. Сохраняемость заданной марки по подвижности бетонной смеси в случае необходимости следует обеспечивать:

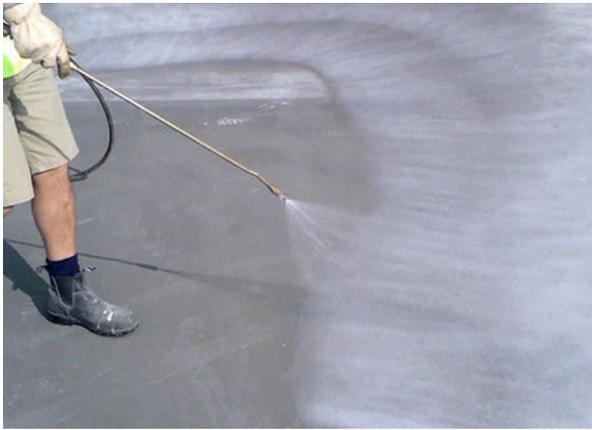
- дробным введением пластифицирующих добавок (на заводе-изготовителе бетонной смеси и на объекте перед укладкой);
- введением замедлителей схватывания;
- совместным применением указанных способов.

Укладку бетонной смеси следует предусматривать в минимально возможные сроки. Контроль марки бетонной смеси по удобоукладываемости на объекте следует осуществлять не позднее 20 мин с момента поступления смеси и через каждые 30 мин вылеживания смеси на объекте. Подвижность бетонной смеси в момент укладки должна соответствовать требованиям, приведенным в табл. 5.7.

Первичный уход должен обеспечивать предотвращение испарения воды из твердеющего бетона и ограничение неравномерного температурного поля по сечению конструкции. Первичный уход за свежеложенным бетоном следует начинать не позднее 10 мин с момента окончания отделки поверхности уложенной и уплотненной бетонной смеси. Осуществляется первичный уход нанесением на поверхность свежеложенного бетона пленкообразующих покрытий (рис. 5.13, *а*) или посредством укрытия бетонных поверхностей влагонепроницаемыми материалами (рис. 5.13, *б, в*). Операция нанесения пленкообразующего состава выполняется с опозданием (!), чтобы рабочий мог перемещаться по поверхности бетона.

Горизонтальные поверхности конструкций, не защищенные от воздействия солнечных лучей, при температуре воздуха выше 30 °С рекомендуется укрывать теплоизолирующими материалами. Первичный уход следует осуществлять до достижения бетоном прочности не менее 1,5 МПа. Согласно СП 70.13330.2012 движение людей по забетонированным конструкциям и установка опалубки вышележащих конструкций допускаются после достижения бетоном прочности не менее 2,5 МПа. При появлении на поверхности свежеложенного бетона трещин вслед-

стве пластической усадки допускается его повторное поверхностное вибрирование до начала схватывания, но не позднее чем через 1 час после окончания укладки. В случае применения «горячих» смесей возможные сроки повторного вибрирования должны определяться лабораторией.



а)



б)



в)

Рис. 5.13. Уход за твердеющим бетоном в сухую жаркую погоду:  
 а – нанесение пленкообразующего состава; б – укрытие поверхности влагоемким материалом (мокрой мешковиной) с последующей защитой от испарения укрытием пленкой; в – укрытие горизонтальной поверхности теплоизолирующими матами для защиты от неравномерного нагрева

Последующий уход должен обеспечивать благоприятные температурно-влажностные условия для формирования структуры бетона. Способы последующего ухода следует разрабатывать в составе ППР (устройство влагоемких покрытий, покрывающие водные бассейны, непрерывное орошение, самовлагообеспечение и др.). Не допускается

периодический полив бетонных поверхностей, подвергающихся нагреву солнечными лучами, водой. Последующий уход следует осуществлять до достижения 70 % проектной прочности. Допускается при соответствующем обосновании осуществлять последующий уход до достижения 50 % проектной прочности, но не менее 7 сут. с момента окончания первичного ухода. Для интенсификации твердения бетона следует использовать солнечную радиацию путем укрытия конструкций светопрозрачными влагоизолирующими инвентарными теплоаккумулирующими покрытиями. Для конструкций с модулем менее трех из бетонов классов В25 и выше следует разрабатывать в составе ППР комплекс мероприятий по регулированию температурного режима твердения, особенно на стадии остывания.

## **5.7. Контроль качества при производстве бетонных работ.**

### **Приемка монолитных конструкций**

В систему контроля качества бетонных работ входят:

1. Контроль качества опалубочных работ.
2. Контроль качества арматурных работ.
3. Проверка готовности основания к бетонированию.
4. Входной контроль качества бетонной смеси по ГОСТ 7473-2010 по параметрам, оговоренным в договоре на поставку.
5. Операционный контроль процессов укладки и уплотнения бетонной смеси, включающий:
  - визуальный контроль соответствия допустимой высоты сбрасывания при укладке бетонной смеси в опалубку требованиям СП 70.13330.2012;
  - визуальный контроль толщины и направления укладки слоев при укладке бетонной смеси в опалубку;
  - контроль степени уплотнения бетонной смеси в соответствии с ППР посредством контроля времени вибрирования, схемы перестановки вибраторов, завершенности процесса уплотнения;
  - инструментальный контроль температурного режима выдерживания бетона каждые 8 ч в течение первых 3 сут., а в дальнейшем – каждые сутки;

- контроль прочности бетона по результатам входного контроля и по результатам измерения прочности бетона в конструкции;
- приемка бетона по показателям качества (класс по прочности на сжатие, иные указанные в проекте показатели: марка по морозостойкости, марка по водонепроницаемости и др.);
- инспекционный контроль (при необходимости).

Контроль прочности бетона должен осуществляться путем определения прочности бетона в процессе выполнения бетонных работ. Контролю по ГОСТ 18105-2018 для товарной бетонной смеси и монолитных конструкций подлежат прочность в проектном возрасте и прочность в промежуточном возрасте, например: при снятии несущей опалубки перекрытия, нагружении конструкций до достижения ими проектной прочности и т. п. По требованию заказчика осуществляется контроль прочности в промежуточном возрасте товарного бетона. В случае, если прочность бетона в промежуточном возрасте для товарного бетона или монолитных конструкций составляет 90 % и более значения проектного класса, контроль прочности в проектном возрасте не проводят.

Контроль прочности бетона выполняется по схемам, регламентированным ГОСТ 18105-2018:

- товарной бетонной смеси при входном контроле по схемам А, Б или Г;
- бетона монолитных конструкций по схемам В и Г.

Схема А – контроль прочности выполняется с определением характеристик однородности бетона по прочности (коэффициент вариации прочности). Используется не менее 30 единичных результатов определения прочности, полученных при контроле прочности бетона предыдущих партий товарного бетона или сборных конструкций в анализируемом периоде. Схема целесообразна для контроля прочности бетона при производстве сборных железобетонных изделия на заводах ЖБИ. На строительных площадках применяется редко.

Схема Б – контроль прочности, как и по схеме А, с определением характеристик однородности бетона по прочности. Используют не менее 15 единичных результатов определения прочности бетона в контролируемой партии товарного бетона или сборных конструкций и предыдущих проконтролированных партиях в анализируемом периоде. Схема может быть использована для контроля прочности бетона при производстве сборных железобетонных изделия на заводах ЖБИ

в ранний период начала производства при отсутствии достаточного количества единичных значений прочности для контроля по схеме А. Схема предполагает возможность корректировки коэффициента вариации прочности с учетом изменяющейся ситуации, при этом возрастает объем вычислений. На строительных площадках применяется редко.

Схема В – контроль прочности бетона, как и по схеме А, с определением характеристик однородности бетона по прочности. Но при схеме В используются результаты измерений прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций методами неразрушающего контроля прочности бетона, при этом число единичных значений прочности бетона в конструкции составляет не менее установленного в п. 5.8 ГОСТ 18105-2018 числа. На результат измерений оказывает влияние погрешность приборов, используемых для неразрушающего контроля прочности.

Схема Г – применяется без определения характеристик однородности бетона по прочности при изготовлении отдельных конструкций или в начальный период производства, когда невозможно получить число единичных результатов определения прочности бетона, предусмотренное схемами А и Б, а также при проведении неразрушающего контроля прочности бетона без построения градуировочных зависимостей, но с использованием универсальных зависимостей путем их привязки к прочности бетона контролируемой партии конструкций.

Определение прочности бетона должно проводиться:

- на заводах-изготовителях бетонной смеси по контрольным образцам;
- на строительной площадке:
  - неразрушающими методами контроля прочности бетона в конструкциях, при этом допускается осуществлять контроль прочности бетона по образцам-кернам, выбуренным из конструкции;
  - по контрольным образцам бетона при входном контроле.

При контроле прочности бетона конструкций неразрушающими методами в проектном возрасте проводится сплошной неразрушающий контроль прочности бетона всех конструкций контролируемой партии. При этом, согласно ГОСТ 18105-2018, число участков испытаний должно быть:

- не менее трех на каждую захватку для плоских конструкций (например, стена, перекрытие, фундаментная плита);

- одного на 4 м длины или три на захватку для каждой линейной горизонтальной конструкции (например, ригель);
- шести на каждую конструкцию для линейных вертикальных конструкций (например, колонна, пилон).

Рационально использовать следующую схему сплошного контроля прочности бетона неразрушающими методами:

1. Заходим на захватку, содержащую, например,  $n$  колонн.
2. Выполняем контроль прочности во всех конструкциях неразрушающими методами, которые могут различаются по трудозатратам, стоимости, продолжительности испытаний, диапазону контролируемой прочности, точности. В зависимости от вида конструкции целесообразно применять метод контроля с наименьшими значениями стоимости и продолжительности испытаний, например ультразвук. При этом градуировка прибора не требуется, поскольку на данном этапе выполняем всего лишь ранжирование конструкций по скорости распространения ультразвука.

3. Выявляем, например, две конструкции, в которых скорость ультразвука минимальная.

4. Определяем предел прочности бетона в этих конструкциях прямыми методами, лучше всего по кернам.

5. В случае, если «самая минимальная» прочность в одной из конструкций выше нормируемого класса по прочности, конструкцию, естественно, следует принимать, и естественно, все остальные конструкции на захватке тоже.

6. Если результат отрицательный – продолжаем определение прямыми методами в конструкциях с потенциально максимальной и некоторыми «средними» значениями прочности, что позволит построить градуировочную зависимость и определить прочность бетона в каждой конструкции.

7. Проводим приемку бетона по прочности для каждой отдельной конструкции на захватке.

Приемка бетона по показателям качества осуществляется выполнением контроля бетона по показателям морозостойкости, водонепроницаемости, прочности на сжатие и другим показателям, установленным в проектной документации. При применении бетонов классов

выше В60 для контроля качества бетона конструкций предусмотрены дополнительные требования.

Инспекционный контроль прочности бетона осуществляется по требованию заказчика или при разрешении возникающих спорных ситуаций по образцам, отобраным из конструкций, и производится в соответствии с ГОСТ 28570-2019 по образцам, отобраным из конструкции. Отбор проб-кернов и изготовление образцов должны производиться только алмазным инструментом в соответствии с ГОСТ 28570-2019.

Контроль законченных монолитных железобетонных (бетонных) конструкций или частей сооружений следует производить согласно СП 70.13330.2012 на соответствие:

- фактических геометрических параметров конструкций рабочим чертежам (допуски и методы контроля приведены в табл. 5.11);
- свойств бетона проектным требованиям;
- применяемых в конструкции материалов, полуфабрикатов и изделий требованиям проектной документации по данным входного контроля технической документации.

Таблица 5.11

Допуски и методы контроля  
монолитных железобетонных конструкций

Параметр	Предельные отклонения	Контроль (метод, объем, вид регистрации)
1	2	3
Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций Для: – фундаментов; – стен и колонн, поддерживающих монолитные покрытия и перекрытия; – стен и колонн, поддерживающих сборные балочные конструкции; – стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при отсутствии промежуточных перекрытий;	20 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица В.3), каждый конструктивный элемент, журнал работ
	15 мм	
	10 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020,
	1/500 высоты сооружения, но не более 100 мм	

– стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при наличии промежуточных перекрытий	1/1000 высоты сооружения, но не более 50 мм	таблица В.3), всех стен и линий их пересечения, журнал работ
--	---	--

Окончание табл. 5.11

1	2	3
Отклонение горизонтальных плоскостей на всю длину выверяемого участка	20 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица В.7), не менее пяти измерений на каждые 50–100 м, журнал работ
Местные неровности поверхности бетона при проверке двухметровой рейкой, кроме опорных поверхностей	5 мм	
Длина или пролет элементов	± 20 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица Б.1), каждый элемент, журнал работ
Размер поперечного сечения элементов	+ 6 мм; – 3 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58939-2020), каждый элемент, журнал работ
Отметки поверхностей и закладных изделий, служащих опорами для стальных или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов	– 5 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица Б.1), каждый опорный элемент, исполнительная схема
Уклон опорных поверхностей фундаментов при опирании стальных колонн без подливки	0,0007	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица В.4), каждый фундамент, исполнительная схема
Расположение анкерных болтов: – в плане внутри контура опоры; – в плане вне контура опоры; – по высоте	5 мм 10 мм + 20 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица Б.1), каждый фундаментный болт, исполнительная схема
Разница отметок по высоте на стыке двух смежных поверхностей	3 мм	Измерительный (по ГОСТ Р 58945-2020, таблица Б.1), каждый стык, исполнительная схема

Контроль законченных конструкций или частей сооружений следует оформлять актом освидетельствования скрытых работ или актом на приемку ответственных конструкций в соответствии с п. 2.112 СП 70.13330.2012. Значения фактического класса прочности бетона каждой конструкции должны быть приведены в журнале бетонных работ.

При инспекционном контроле (проведении обследований и экспертной оценке качества) линейных вертикальных конструкций число контролируемых участков должно быть не менее четырех.

## **6. МАШИНЫ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

К основным машинам и средствам механизации в высотном строительстве относятся:

- грузоподъемные устройства (монтажный кран, грузопассажирский подъемник);
- устройства для транспортирования, укладки и уплотнения бетонной смеси (автосамосвал, автобетононасос, стационарный бетононасос, бетонолитная труба, z-образная распределительная стрела, вибраторы (глубинный, поверхностный)).

### *Грузоподъемные устройства*

Возведение высотных зданий возможно с использованием башенных кранов грузоподъемностью 8–10 т и вылетом стрелы до 50–60 м: на рельсовом ходу (до определенной высоты), приставных кранов и кранов, устанавливаемых на специальном фундаменте или на перекрытиях возводимого здания. В отдельных случаях возможно использование быстромонтируемых башенных кранов на винтовых опорах грузоподъемностью 2–8 т, стреловых кранов (пневмоколесных, гусеничных) грузоподъемностью 40–160 т. Все башенные краны следует связывать единой системой управления, исключающей возможность соприкосновения кранов или грузов, поднимаемых ими.

При выборе грузоподъемных устройств в процессе разработки технических решений следует принимать во внимание:

- объемно-планировочные и конструктивные решения строящегося объекта;

- массу монтируемых элементов, расположение их в плане и по высоте здания для сборно-монолитных зданий;
- массу подаваемых пакетов арматуры или армокаркасов и щитов опалубки, способ подачи бетона в конструкции для монолитных зданий;
- методы организации строительства;
- методы и способы возведения здания и монтажа конструкций;
- технико-экономические характеристики грузоподъемных устройств;
- наличие системы ограничения зоны работ (СОЗР);
- обоснование эффективности применения различных комплектов машин.

При возведении многоэтажных зданий принципиальное значение при выборе технологий производства работ имеет выбор подъемно-монтажного оборудования.

Применяются следующие типы кранов:

- стационарные приставные башенные краны с высотой подъема крюка 100...150 м, устанавливаемые на фундамент вне контура здания и подращиваемые по мере увеличения отметки монтажного горизонта. При подращивании ствола башни через 15...25 м производится раскрепление крана распорками-обоймами, которые соединяются с конструкциями здания через проемы в фасаде;
- самоподъемные башенные краны, устанавливаемые внутри контура здания и опирающиеся на смонтированные конструкции. Краны передвигаются вверх по мере выполнения крановой сборки и крепятся к каркасу здания. Применяются при высоте зданий свыше 150 м;
- комбинированные передвижно-приставные краны, используемые до отметок 50...55 м как свободно стоящие и передвигающиеся по подкрановым путям, а на более высоких отметках работающие как стационарные приставные;
- наземные: башенные, гусеничные (в башенно-стреловом исполнении), рельсовые, пневмоколесные – должны иметь значительную высоту подъема при необходимой грузоподъемности. Применяются при строительстве зданий высотой до 70 м.

Самоподъемные и приставные краны могут быть оборудованы горизонтальными стрелами с подвижной кареткой или подъемными стрелами с грузовым полиспастом на конце стрелы.

При возведении высотных зданий рекомендуется использовать грузовые и грузопассажирские подъемники. Число подъемников определяется объемом и массой подаваемых грузов, численностью работающих, но не менее одного грузового и одного грузопассажирского подъемника на грузоподъемный кран. Предпочтительнее использовать двухкабинные подъемники.

### *Бетоноукладочный комплекс*

В состав бетоноукладочного комплекса в зависимости от высоты подачи бетонной смеси входят:

- автобетоносмеситель;
- автобетононасос или стационарный бетононасос;
- бетонолитная труба;
- z-образная распределительная стрела;
- вибратор (глубинный, поверхностный).

Таблица 6.1

Состав бетоноукладочного комплекса

Марки машин	Назначение, вид выполняемых работ
Автобетоно-смеситель	Предназначен для приема сухих компонентов и приготовления бетонной смеси в пути следования или по прибытии на строительный объект; доставки готовой бетонной смеси и выдачи ее потребителю
Автобетононасос	Служит для подачи бетонной смеси на монтажный горизонт. Может быть применен вместо стационарного бетононасоса, бетонолитной трубы и z-образной распределительной стрелы до определенной высоты монтажного горизонта, в зависимости от конфигурации здания в плане
Стационарный бетононасос	Служит для подачи бетонной смеси по трубам в вертикальном направлении на монтажный горизонт
Переставная z-образная распределительная стрела	Служит для транспортировки бетонной смеси по трубам в горизонтальном и вертикальном направлениях и подачи ее в конструкцию
Бетонолитная труба	Служит для подачи бетонной смеси в вертикальном направлении на монтажный горизонт

Глубинный вибратор	Служит для уплотнения бетонной смеси
Поверхностный вибратор	Служит для уплотнения поверхности бетонной смеси

Назначение машин, входящих в состав бетоноукладочного комплекса, приведено в табл. 6.1.

## **7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОТОЧНОСТИ И ТЕМПА ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ**

Организация строительства предусматривает поточные методы производства строительно-монтажных работ. Фронт работ разбивается на ярусы (как правило, ярус-этаж) и захватки (от двух до четырех на температурную секцию). На одну захватку выделяется специализированная бригада (звено) для выполнения законченного вида работ в течении расчетного времени ритма потока. При выполнении ведущих процессов бригада работает с одним основным комплектом машин и механизмов (монтажным краном, бетоноукладочным комплексом). При достаточно большом фронте работ организуется несколько специализированных потоков, ведущих работы одновременно.

Установка единого темпа на весь срок строительства позволяет на длительный период равномерно распределять ресурсы и оснастку. Среднюю продолжительность возведения типового этажа следует планировать в 7 дней (4 этажа в месяц), 8 дней, 9 дней, 10 дней (3 этажа в месяц). При этом возможно некоторое увеличение темпов строительства в летнее время.

## **8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Работы на высоте должны проводиться согласно Приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 28 марта 2014 г. № 155н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте» (с изменениями и дополнениями).

Согласно данному приказу к высотной относится любая деятельность, которая осуществляется:

- на уровне 1,8 м над подмостками, машинами, механизмами, выступающими предметами и водной поверхностью;
- на высоте 5 м и более, по поверхности, уклон которой составляет более 75°;

– на площадках, где на расстоянии менее 2 м имеются перепады высоты более 1,8 м, а размер ограждений этих поверхностей менее 1,1 м.

К выполнению обязанностей на высоте допускаются следующие сотрудники:

- 1-я группа – специалисты, допускаемые к деятельности под непосредственным контролем работника, назначенного руководителем;
- 2-я группа – мастера, бригадиры, руководители стажировки и другие работники, назначенные по наряду-допуску;
- 3-я группа – специалисты, назначенные руководителем в качестве ответственных за обеспечение безопасности высотной деятельности, проведение инструктажей и оценку условий труда.

Согласно п. 24 Приказа № 155н работы на высоте должны сопровождаться подготовкой проекта производства работ. Содержание ППР регламентирует Приложение № 6. В нем указывают все особенности строительной площадки, график поставки материалов, схему движения персонала по территории, технологические карты, мероприятия по обеспечению техники безопасности, сведения о средствах защиты и страховки и многое другое.

Руководитель обязан назначить должностное лицо, ответственное за утверждение ППР и контроль за его выполнением. Также правила работы на высоте предписывают, что ППР должен находиться непосредственно на строительной площадке.

В составе работ по разработке ППР на высоте содержатся такие положения:

- рациональное и безопасное расположение спецтехники, которая применяется при выполнении погрузочно-разгрузочных и строительномонтажных работ (грузоподъемные краны, бульдозеры, подъемники и т. д.);
- безопасное расположение тяжелого оборудования, которое при падении может нанести вред здоровью работника;
- минимизация сроков выполнения этапов, связанных с опасностями;
- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты.

Если на строительной площадке созданы безопасные условия труда, реализованы эффективные способы и методы защиты, то риск падения металлических конструкций, строительных материалов, инструментов и оборудования получится свести к минимуму. Например, для перевозки сыпучих и штучных материалов используется специальная тара, перемещаемые с места на место тяжелые конструкции должны надежно фиксироваться. Для обеспечения безопасных и комфортных условий труда используют такие методы:

- рациональное складирование стройматериалов;
- фиксация конструктивных элементов;
- временное закрепление конструкций, которые впоследствии будут демонтироваться;
- утилизация отходов без вреда для окружающей среды.

В проект должны быть включены все устройства и механизмы, повороты рабочих элементов. В ППР на высоте следует предусмотреть отдельные пункты для обеспечения безопасности при работе с электрическими приборами, химическими веществами.

Без ППР на высоте запрещено проводить работы, при которых:

- работник поднимается на высоту более 5 м или спускается с высоты более 5 м по лестнице с углом наклона к горизонтальной поверхности более  $75^\circ$ ;
- работник находится на площадках на расстоянии ближе 2 м от неогражденных перепадов по высоте более 1,8 м, а также если высота защитного ограждения этих площадок менее 1,1 м.

План производства работ на высоте (ППРВ) – это основной документ, регламентирующий организацию работ на высоте (строительных, монтажных, ремонтных и по техобслуживанию). ППРВ включает:

- работы на кровле;
- работы на лесах, подмостях, подъемниках и автовышках, люльках;
- высотные работы;
- работы на фасаде;
- другие работы на высоте более 1,8 м.

Пункт 18 Правил содержит случаи, когда высотная деятельность запрещена. Среди них:

- скорость ветра в открытых местах более 15 м/с;

- снижение видимости при грозе и тумане;
- обледенение конструкций, проводов и оборудования;
- при установке конструкций с большой парусностью при скорости ветра более 10 м/с.

Работодатель до начала выполнения работ на высоте должен организовать:

- разработку и выполнение плана производства работ на высоте, выполняемых на рабочих местах;
- ограждение места производства работ, вывешивание предупреждающих и предписывающих плакатов (знаков);
- использование средств коллективной и индивидуальной защиты.

Также до начала работ на высоте работодатель должен назначить лиц ответственных за:

- организацию и безопасное проведение работ на высоте;
- выдачу наряда-допуска;
- составление плана мероприятий при аварийной ситуации и при проведении спасательных работ;
- проведение, обслуживание и периодический осмотр СИЗ.

#### *Отличие ППРВ от ППР и от проектной документации*

ППРВ – это документ, регламентирующий организацию безопасных работ на высоте. ППРВ ориентирован на предупреждение несчастных случаев при работе на высоте.

ППР – это документ, регламентирующий организацию производства строительных и монтажных работ. Описывает технологию работ.

Проектная документация – документация, содержащая текстовые и графические материалы и определяющая решения для обеспечения строительных и монтажных работ.

#### *Риски при работе на высоте*

При работе на высоте существуют риски, связанные с падением человека с высоты и падением предметов на человека.

Причины падения работников с высоты:

- технические – отсутствие ограждений, предохранительных поясов, недостаточная прочность и устойчивость лесов, настилов, люлек, лестниц;

- технологические – недостатки в проектах производства работ, неправильная технология ведения работ;
- психологические – потеря самообладания, нарушение координации движений, неосторожные действия, небрежное выполнение своей работы;
- метеорологические – сильный ветер, низкая и высокая температуры воздуха, дождь, снег, туман, гололед.

Причины падения предметов на работника:

- обрыв грузозахватных устройств, неправильная строповка (обвязка), выпадение штучного груза из тары и др., влекущие падение груза, перемещаемого грузоподъемными машинами;
- нетехнологичность конструкций, несоответствие по стыкуемым размерам и поверхностям, нарушения последовательности технологических операций и др., которые влекут падение монтируемых конструкций;
- проектные ошибки, нарушения технологии изготовления сборных конструкций, низкое качество строительно-монтажных работ, неправильная эксплуатация и др., вызывающие аварии строительных конструкций;
- нарушения требований правил безопасности – отсутствие бортовой доски у края рабочего настила лесов и др., что влечет падение материалов, элементов конструкций, оснастки, инструмента и т. п.

В связи с возможными рисками к работникам, выполняющим работы на высоте, предъявляются следующие требования:

- достижение возраста 18 лет;
- прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров;
- квалификация, соответствующая характеру выполняемых работ. Уровень квалификации подтверждается документом о профессиональном образовании (обучении) и (или) о квалификации;
- прохождение инструктажей по охране труда, обучения безопасным методам и приемам выполнения работ, обучения и проверки знаний требований охраны труда.

Выполнение работ на высоте не допускается:

- в открытых местах при скорости воздушного потока (ветра) 15 м/с и более;

– при грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ, а также при гололеде с обледенелых конструкций и в случаях нарастания стенки гололеда на проводах, оборудовании, инженерных конструкциях (в том числе опорах линий электропередачи), деревьях;

– при монтаже (демонтаже) конструкций с большой парусностью при скорости ветра 10 м/с и более.

Лицо, ответственное за организацию и безопасное проведение работ на высоте, обязано организовывать выдачу средств коллективной и индивидуальной защиты и организовать обучение работников безопасным методам и приемам выполнения работ на высоте, проводить соответствующие инструктажи по охране труда.

### Рекомендуемая литература

1. Корянова Ю.И., Забейворота В.А. Нормативная документация для проектирования и возведения высотных зданий // Аллея науки. 2018. № 4 (20). Т. 6. С. 143–148.

2. Корянова Ю.И., Плаксина И.В., Ефремян Д.А. Проектирование и строительство высотных зданий: перспективы и проблемы // Аллея науки. 2018. № 4 (20). Т. 6. С. 249–254.

3. Корянова Ю.И., Шумилова А.С., Резанцев Н.Е. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий – от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. № 4 (20). Т. 6. С. 95–100.

4. Потапова Ю.И. Высотное строительство в России – проблемы, задачи и способы их решения // Успехи современного естествознания. № 6. М.: Академия Естествознания, 2012.

5. Современное высотное строительство: монография / под ред. М.Н. Щукиной. М.: ИТЦ Москомархитектуры, 2007. 440 с.

6. СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля (с изм. № 1 2013 г.). М.: Издательство «БСТ», 2014.

7. СП 435.1325800.2018. Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ. М.: Стандартинформ, 2019.

8. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. М.: Минрегион России, 2012.

## Оглавление

Введение.....	3
Термины и определения.....	5
1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА.....	8
2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИИ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА.....	13
3. АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	17
4. ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ. ТИПЫ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПАЛУБОК. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДБОРА ОПАЛУБКИ.....	40
5. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	50
5.1. Бетонные смеси для высотного строительства.....	50
5.2. Укладка бетонной смеси.....	62
5.3. Уплотнение бетонной смеси.....	66
5.4. Уход за твердеющим бетоном.....	69
5.5. Особенности производства бетонных работ в зимних условиях.....	71
5.6. Особенности производства бетонных работ в жаркую сухую погоду.....	77
5.7. Контроль качества при производстве бетонных работ. Приемка монолитных конструкций.....	80
6. МАШИНЫ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	86
7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОТОЧНОСТИ И ТЕМПА ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ.....	89
8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА.....	89



Рекомендуемая литература..... 94

Учебное издание

**Несветаев Григорий Васильевич**

**Корянова Юлия Игоревна**

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ  
МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ  
БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Редактор С.А. Леонова

Компьютерная обработка: О.И. Пушкина

---

В печать 20.10.2021.

Формат 60×84/16. Объем 6 усл. п. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 289. Цена свободная

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1