

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ВОЗВЕДЕНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ

Методические указания
по выполнению самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2014

УДК 693.5 (075,8)
ББК 38.626.1-06 я73
В64

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров в строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – кандидат технических наук, генераль-
ный директор ООО «Стройэлектросер-
вис» Р.Р. Васильев

Возведение монолитных железобетонных зданий: метод. указа-
ния по выполнению самостоятельной работы / В.А. Комаров; под
В64 общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС,
2014. – 32 с.

Рассмотрены технологические процессы возведения зданий из монолитного желе-
зобетона.

Методические указания направлены на усвоение знаний нормативной базы в об-
ласти инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инже-
нерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест; овладение
технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного
производства, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин
и оборудования.

Методические указания подготовлены на кафедре «Строительные конструкции» и
базовой кафедре ПГУАС при ООО Производственно-коммерческая фирма «Термодом»
и предназначены для использования обучающимися по программе повышение квали-
фикации «Возведение зданий и сооружений».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014
© Комаров В.А., 2014

ВВЕДЕНИЕ

Монолитным называют железобетон, изготавливаемый непосредственно на строительной площадке.

Монолитный железобетон первоначально стал применяться в строительстве едва ли не век тому назад, получил в широкое распространение во всем мире. Хотя этот уникальный материал обладает рядом впечатляющих возможностей, многие годы монолитный способ возведения зданий не мог соперничать по затратам труда и срокам возведения со сборным строительством, популярным в том числе и в бывшем СССР.

Из монолитного бетона возводят гигантские мосты (например, уже ставший знаменитым виадук Мийо во Франции, самый большой пилон которого имеет высоту 343 м) и телевизионные башни (башня в Торонто, Канада, высотой 555 м). Многие высотные здания на всех континентах построены с использованием монолитного железобетонного каркаса, например два небоскреба нефтяного концерна «Петронас» в Куала-Лумпуре, Малайзия (432 м). В США построено уже более 100 небоскребов с монолитным каркасом, и бетон уверенно вытесняет сталь из этой области строительства.

Монолитные железобетонные конструкции применяют главным образом в зданиях и сооружениях, не поддающихся членению на элементы, при нестандартности и малой повторяемости элементов зданий и сооружений, при особенно больших нагрузках на элементы зданий или сооружений (фундаменты и каркасы многоэтажных промышленных зданий, гидротехнические и другие сооружения).

В строительстве многоэтажных жилых зданий в прошлые годы сложились свои стереотипы – это преимущественное использование сборного железобетона. В ближайшие годы, в современных условиях, практически единственная возможность роста объемов жилищного строительства в России может быть достигнута за счёт монолитного строительства. Сегодня очевидно, что в настоящее время альтернативы монолитному строительству нет, как с точки зрения стоимости, так и возможных объёмно-планировочных решений.

Монолитное строительство имеет ряд существенных преимуществ по сравнению со сборными конструкциями. Так, затраты на производственную базу монолитного железобетона на 40.45 % меньше, на 1.20 % сокращается расход металла. По сравнению с кирпичными зданиями затраты труда на 25.30 % меньше, а продолжительность строительства сокращается на 10 % . Монолитный бетон удобен ещё и тем, что из него можно возводить конструкции любой конфигурации с широким спектром архитектур-

но-планировочных решений. Здания из монолитного бетона более надёжны и долговечны при сейсмических и других неблагоприятных природных воздействиях.

В связи с этим и, учитывая тенденции, свидетельствующие о дальнейшем увеличении области применения монолитного бетона и железобетона как наиболее массового конструкционного материала, отвечающего современным требованиям и критериям перспективности технических и технологических решений, особую актуальность приобретает интенсификация технологических процессов монолитного строительства, способствующая сокращению сроков возведения объектов.

Решение задач интенсификации процессов непосредственно связано с созданием способов и технических средств нового поколения, принципиально отличающихся от традиционно применяемых и изменяющих технологию, обеспечивающих надёжность и эффективность, ресурсосбережение и сокращение затрат при бетонировании.

Эффективность монолитного строительства во многом определяется применяемой технологией возведения несущих конструкций из монолитного бетона и методами ускорения его твердения.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Технологическое проектирование предназначено для разработки оптимальных технологических решений и определения необходимых организационных условий выполнения строительных процессов, работ, возведения здания или сооружения в целом. Целью проектирования производства работ является выбор технологии и организации их выполнения, которые позволят осуществить возведение объекта в требуемые сроки, при надлежащем качестве и при снижении себестоимости работ. Оптимальное решение может быть достигнуто на базе типизации проекта, заложенной в него индустриализации возведения каркаса здания и всего цикла отделочных работ, применения комплексной механизации и передового электрифицированного ручного инструмента.

По действующим нормативам возведение любого сооружения может осуществляться по предварительно разработанным и утвержденным проектам организации строительства и проекту производства работ. Технологическое проектирование является частью проектной документации, разрабатываемой при строительстве объекта. Выполнение технологического проектирования процессов должно быть предусмотрено на всех стадиях создания проекта: технико-экономического обоснования (стадия проект), рабочей документации, производства работ.

Технологическое проектирование строительства включает в себя:

- проект организации строительства (ПОС);
- проект производства работ (ППР);
- технологические карты на сложные строительные процессы;
- карты трудовых процессов;
- технологические схемы выполнения операций.

Проект организации строительства (ПОС) является основной составной частью проекта или технорабочего проекта сооружения. При двухстадийном проектировании последовательно выполняются стадии «проект» и «рабочая документация»; для отдельных возводимых объектов проектирование может выполняться в одну стадию, когда разрабатывается «технорабочий проект».

ПОС определяет продолжительность строительства объекта, его стоимость, потребность в материалах и необходимом оборудовании.

Разрабатывает ПОС генеральная проектная организация или по ее заказу проектная организация-разработчик строительной части сооружения. Для крупных и особо сложных объектов с особо ответственными или новыми несущими и ограждающими конструкциями отдельные разделы ПОС могут разрабатывать специализированные организации. ПОС должен включать весь комплекс сооружений на объекте и его разрабатывают на весь период строительства комплекса. Если крупный объект предусмотре-

но возводить по частям или очередям, то наряду с разработкой ПОС на весь объект могут быть предусмотрены самостоятельные, более детально проработанные проекты организации строительства на отдельные очереди возведения комплекса.

Проект производства работ (ППР) разрабатывают для здания в целом, отдельных циклов возведения здания, сложных строительных работ. ППР разрабатывается на этапе, непосредственно предшествующем производству работ.

Строительство любого объекта допускается осуществлять только на основе предварительных решений, принятых в ПОС или ППР.

Технологические карты разрабатывают для сложных процессов и простых строительных работ.

Карты трудовых процессов подготавливают для выполнения простых технологических процессов.

Технологические схемы проектируют для рабочих в целях разъяснения оптимального выполнения отдельных операций.

Специфика разработки ПОС и ППР

В состав **проекта организации строительства** входят:

- календарный план производства работ с указанием сроков и очередности возведения всех зданий и сооружений, составляющих комплекс, с распределением капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ по отдельным сооружениям. При строительстве комплекса дополнительно разрабатывают календарный план на подготовительный период работ;

- строительные генеральные планы на подготовительный и основной периоды строительства, на которых должны быть обозначены все существующие и подлежащие сооружению здания, подъездные пути, площадки под складами для укрупнительной сборки конструкций или бетонный узел, зона для инвентарного бытового городка, временные и постоянные инженерные сети, включая электроэнергию, типы монтажных и других механизмов, их расположение и пути перемещения. Для объектов, где склады или бытовой городок можно расположить только за пределами площадки строительства, разрабатывают ситуационный план, охватывающий все площадки, относящиеся к возводимому объекту;

- ведомости объектов (входящих в возводимый комплекс) монтажных, общестроительных и специализированных работ, с выделением работ и их объемов по отдельным зданиям и сооружениям, а также по основным периодам строительства;

- ведомость потребности в конструкциях, изделиях, материалах, оборудовании, рассчитанная по укрупненным показателям, на весь комплекс, или только на его основные сооружения;

- график потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах на весь период строительства;
- график потребности в рабочих основных строительных специальностей;
- пояснительная записка с характеристикой условий строительства с обоснованием принятых методов производства работ и возможности совмещения различных работ по срокам выполнения, потребности в материалах, основных механизмах, транспортных средствах, энергетических ресурсах, временных зданиях и сооружениях, складских площадях. В записке должны быть обоснованы предлагаемые сроки возведения всего комплекса сооружений, распределение осваиваемых средств по годам и кварталам, увязанная со сроками работ потребность в рабочих кадрах, строительных материалах и т. п.

В проекте организации строительства разрабатывают, проектируют и увязывают:

- согласованную работу всех участников строительства объекта с координацией ее генеральным подрядчиком;
- комплектную поставку материальных ресурсов на все здание, этаж или захватку в соответствии с календарным планом производства работ;
- возведение зданий и сооружений индустриальными методами на основе комплектно поставляемых конструкций или блоков высокой заводской готовности;
- выполнение строительных, монтажных и специальных работ поточными методами (желательно на основе бригадного подряда);
- высокую культуру ведения работ и строгое соблюдение правил техники безопасности;
- соблюдение требований по охране окружающей среды. Проект организации строительства является обязательным для заказчика, подрядных организаций, а также для организаций, которые осуществляют финансирование и материально-техническое обеспечение возведения объекта. Финансирование строительства может быть открыто при наличии проекта организации строительства или проекта производства работ (если ПОС не разрабатывается).

Проект производства работ (ППР) на весь комплекс работ по объекту и на подготовительный период на основании ПОС разрабатывает генеральная подрядная организация. Для отдельных сложных или впервые внедряемых видов работ ППР разрабатывают специализированные монтажные или проектные организации.

Проект производства работ в зависимости от возможной продолжительности строительства объекта, объемов и сложности отдельных видов работ по решению строительной организации может быть разработан на:

- строительство здания или сооружения в целом;

- возведение отдельных частей здания – подземная или надземная часть, секция, пролет, этаж, ярус;
- выполнение отдельных технически сложных строительных работ;
- работы подготовительного периода.

Современные конструкции, специфика монтажа или возведения монолитных конструкций зданий и сооружений, неординарность применяемых методов их возведения требуют специальных инженерных решений по организации, механизации и технологии строительства. Основные организационно-технологические решения по производству монтажных работ содержатся в ППР – проекте производства работ, который разрабатывают для:

- определения наиболее эффективных способов выполнения строительного-монтажных работ;
- снижения всех видов затрат;
- сокращения продолжительности строительства;
- наиболее полного использования средств механизации;
- обеспечения безопасности производства работ.

Проект производства работ на строительство здания или сооружения разрабатывают на основе задания, которое выдает строительная или монтажная организация как заказчик производства работ.

Исходными материалами для разработки ППР являются:

- задание на разработку ППР от заказчика;
- ранее разработанный ПОС на этот объект строительства;
- необходимая проектная документация – рабочие чертежи, расчеты;
- учет специфики строительства – условия поставки конструкций, материалов и деталей, наличие строительных машин и транспортных средств, обеспечение рабочими кадрами;
- документация и расчеты по осуществленному строительству аналогичных зданий и сооружений.

В задании должны быть указаны сроки подготовки требуемой документации и дополнительно приложены для оптимального проектирования ППР график производства работ и смета, комплект рабочих чертежей металлоконструкций, чертежи на сборный железобетон, чертежи монтажных узлов и спецификации, данные о согласованных сроках поставки монтируемых конструкций. Срок разработки ППР напрямую зависит от характера сооружения, объемов монтажных работ, их сложности.

Состав и содержание ППР на строительство отдельного здания

1. Календарный план производства работ по объекту или комплексный сетевой график, в которых устанавливаются последовательность и сроки выполнения всех работ с максимально возможным их совмещением, нормативное время работы строительных машин, потребность в трудовых ресурсах и средствах механизации, работы, поручаемые отдельным бригадам или коллективам, их количественный и профессиональный состав.

2. Строительный генеральный план (стройгенплан), который включает:
- границы строительной площадки, виды ее ограждения;
 - постоянные и временные сети и коммуникации;
 - постоянные и временные дороги;
 - схемы движения транспортных средств и строительных механизмов;
 - места установки строительных машин и грузоподъемных механизмов с указанием путей их перемещения и зон действия;
 - строящиеся и временные здания и сооружения;
 - зоны мойки автотранспорта;
 - расположение бытовых помещений;
 - пути движения рабочих, проходы в здания и сооружения;
 - источники электроснабжения и освещения стройплощадки;
 - площадки и помещения складирования материалов и конструкций;
 - расположение противопожарного водопровода и гидрантов;
 - площадки укрупнительной сборки конструкций;
 - контрольно-пропускные пункты охраны.

3. Технологические карты и схемы на выполнение отдельных работ или процессов.

4. Графики поступления на объект конструкций, изделий и материалов.

5. Графики потребности в рабочих на объекте.

6. Графики работы основных строительных машин.

7. Решения по производству геодезических работ.

8. Решения по технике безопасности.

9. Перечень технологического инвентаря и оснастки для выполнения строительных работ, схемы строповки грузов и конструкций.

10. Пояснительная записка, включающая технико-экономические показатели.

Для строительства сооружений с особо сложными конструкциями или методами производства работ дополнительно к ППР разрабатывают рабочие чертежи на специальные вспомогательные сооружения, приспособления, устройства и технологические решения:

- оснастку и приспособления для транспортирования и монтажа уникального оборудования, конструкций, строительных объемных элементов;
- специальные опалубки – сводов-оболочек, несъемную и скользящую;
- устройства для производства работ по понижению уровня грунтовых вод, искусственному замораживанию грунтов, закреплению и повышению несущей способности грунтов – цементации, силикатизации, обжигу и др.;
- шпунтовые ограждения котлованов и траншей;
- защитные приспособления и мероприятия при буровзрывных работах.

Состав ППР на возведение надземной части здания

Проект производства работ следует разрабатывать на вариантной основе, т. е. сопоставляя эффективность вариантов основных решений. Задачи, решаемые при проектировании строительных технологий:

- применение передовых строительных конструкций;
- поточное производство работ с равномерной загрузкой оборудования и рабочих;
- разработка прогрессивных методов организации строительства;
- применение передовых технологий и методов производства работ, совмещение работ по возведению каркаса здания с общестроительными;
- эффективные средства механизации производства работ и комплексная механизация для сокращения ручного труда;
- эффективные схемы комплектации объекта конструкциями;
- рациональные решения по доставке и складированию конструкций;
- оборудование площадки укрупнительной сборки конструкций;
- обеспечение непрерывности производства работ, исключение технологических перерывов;
- обеспечение прочности и устойчивости сооружения на всех этапах производства работ;
- обеспечение машин и механизмов энергоресурсами, водой;
- использование рационального и универсального монтажного оснащения;
- широкое применение средств малой механизации;
- применение прогрессивных временных сооружений – бытовок передвижного, контейнерного и сборно-разборного типов;
- сокращение числа и площадей приобъектных складов;
- монтаж с транспортных средств;
- организация возведения каркаса и выполнения сопутствующих работ в 2...3 смены;
- обеспечение нормальных условий для безопасного труда и отдыха рабочих.

Проектирование технологий возведения надземной (подземной, отдельной секции и т.п.) части здания, сооружения должно базироваться на следующих принципах:

- изучении объемно-планировочного и конструктивного решений здания;
- предварительном анализе способов производства работ, приемлемых для использования основных монтажных механизмов;
- составлении спецификации сборного железобетона, определении номенклатуры и максимальной массы изделий;
- определении потребности в материалах и полуфабрикатах (общее количество и необходимость поставки отдельных материалов в конкретные сроки);

- расчете трудоемкости работ, примерных затрат машинного времени;
- определении допустимых сроков возведения каркаса здания;
- первичном анализе и оценке вышеуказанных материалов.

В оптимальном технологическом решении должны быть, в частности, отражены принципиальные, с точки зрения производства работ, моменты:

- необходимое число монтажных кранов и число смен монтажа в сутки;
- выбор наиболее подходящих по техническим параметрам и наиболее дешевых при экономическом сравнении монтажных механизмов;
- подбор современных, наиболее надежных, универсальных и промышленных средств механизации, такелажа, приспособлений.

Проектирование технологий возведения здания является завершающим этапом работ, базирующимся на принятии всех первичных решений.

Основной, обобщающий документ – календарный график (план) производства работ. Его составляют на основе объемов монтажных и сопутствующих работ, их трудоемкости и принятых методов производства работ, он устанавливает:

- последовательность, взаимосвязь и сроки выполнения отдельных работ;
- число применяемых монтажных кранов и сроки их использования;
- потребность в рабочих кадрах на период возведения каркаса здания в целом и по специальностям;
- принимаемое число смен работы в сутки и номенклатуру работ, выполняемых в ту или иную смену;
- общую продолжительность возведения каркаса здания в днях;
- состав комплексной бригады рабочих и специализированных звеньев.

Состав и содержание ППР на отдельный вид технически сложных работ

Проект производства работ часто разрабатывается на особо сложные для выполнения монтажные, отделочные или специальные работы. В состав ППР на монтаж сборных конструкций входят:

- календарный (посменный, почасовой) график производства работ по объекту, совмещенный с графиками потребности в рабочих кадрах и механизмах;
- строительный генеральный план на данный вид работ с расстановкой необходимых кранов, путями их перемещения, организацией складского хозяйства и разрешенными зонами перемещения в пределах площадки;
- методы и схемы производства работ и при необходимости технологическая карта (карты) производства работ с указанием обязательно проводимых и контролируемых геодезических работ;
- технико-экономические показатели по проекту производства работ;
- пояснительная записка с необходимыми пояснениями и обоснованиями по принятым в ППР решениям.

Разработку проекта производства работ на монтаж каркаса здания начинают с определения основных положений (общей концепции работ), которые включают методы монтажа, необходимое монтажное оборудование и сроки производства работ.

Эти основные положения производства работ согласовывают с заказчиком проекта (строительной или монтажной организацией). Они должны базироваться на рекомендованных в проекте рабочих чертежах конструкций, чтобы в ППР были учтены их специфические особенности и предложена технология их монтажа. Основные положения разрабатывают на все предлагаемые варианты осуществления монтажных работ. Варианты методов производства работ должны отличаться не только применяемыми монтажными механизмами, но и технологией монтажных работ. Выбор оптимального варианта осуществляют путем сопоставления технико-экономических показателей: особенность и стоимость вариантов механизации, трудоемкость и продолжительность работ по каждому из них.

Основные положения должны содержать пояснительную записку с объемами работ, фрагмент стройгенплана для каждого варианта, схемы и укрупненный график производства работ и технико-экономические показатели. К разработке проекта производства работ приступают только после утверждения одного из предложенных подрядчиком, руководителем монтажной организации и генподрядчиком (строительная организация, осуществляющая строительство) вариантов монтажа. В проекте производства работ устанавливают последовательность монтажа конструкций, мероприятия, обеспечивающие требуемую точность установки элементов, пространственную неизменяемость конструкций в процессе укрупнения и монтажа, устойчивость частей здания в процессе возведения, степень укрупнения конструкций и обязательно безопасность производства работ. Завершенный ППР рассматривает, утверждает и принимает к исполнению монтажная организация.

Основной в составе ППР на сложный строительный процесс или простую строительную работу является технологическая карта, которая включает в себя следующие разделы:

1. Область применения – состав и назначение строительного процесса.
2. Материально-технические ресурсы и выбор основных механизмов – данные о потребности в материалах, полуфабрикатах и конструкциях на проектируемый объем работ, потребность в механизмах, инструменте, инвентаре.
3. Калькуляция затрат труда и машинного времени – перечень выполняемых операций, объемов, необходимых для их выполнения трудозатрат.
4. Почасовой или посменный график производства работ – взаимосвязь процессов во времени, последовательность и общая продолжительность их выполнения.

5. Технология и организация комплексного процесса – перечень и технологическая последовательность выполнения операций, состав звеньев или бригад рабочих. В разделе должны быть представлены рабочие чертежи монтажных приспособлений и такелажной оснастки; схемы строповки основных конструктивных элементов каркаса; места расположения монтажных подмостей, ограждений, переходов и лестниц.

6. Требования к качеству. Пооперационный контроль. Приемка работ – приборы и оборудование, используемые для контроля, указания по его осуществлению, обязательные мероприятия по операционному контролю качества выполняемых монтажных работ и соединений монтажных элементов, оценке качества отдельных процессов.

7. Техника безопасности – мероприятия, обеспечивающие безопасность строительных процессов, включая организацию безопасной работы монтажных механизмов.

8. Техничко-экономические показатели – затраты труда на единицу измерения, продолжительность выполнения работ по технологической карте.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

Исследованию свойств бетона ежегодно посвящается значительное число работ. Этот сложный материал, свойства которого зависят не только от составляющих материалов, но и от технологии изготовления, в современном строительстве занимает первое место. Появляются все новые разновидности специальных бетонов. Бетон давно уже стал не только конструкционным материалом, но широко применяется для тепло- и гидроизоляции, получения жаростойких, декоративных, радиационностойких конструкций. При этом важно, что бетонные и железобетонные конструкции специального назначения могут одновременно воспринимать большие силовые нагрузки.

Монолитные железобетонные конструкции сооружают обычно из тяжелого бетона. При строительстве жилых зданий используют легкие бетоны на пористых заполнителях.

Крупноразмерные железобетонные конструкции в мостостроении, гидротехническом строительстве, фундаментах под оборудование с динамическими нагрузками и др. возводят из тяжелых бетонов с заданными специальными свойствами. В дорожном строительстве используют дорожный бетон, к минералогическому составу портландцемента и виду применяемых заполнителей предъявляют особые требования.

Арматурные сетки и каркасы изготавливают на специализированных предприятиях и в арматурно-сварочных цехах и доставляют транспортом

на строительный объект, где осуществляется из них с помощью сварки возведение каркаса здания или сооружения.

Бетонную смесь с бетоносмесительного узла или из цеха доставляют на строительный объект автосамосвалами, а при больших расстояниях перевозки используют автобетоносмесители. В данном случае сухие компоненты бетонной смеси загружают в барабан автобетоносмесителя на центральной дозировочной установке, а дозировка необходимого количества воды и приготовление бетонной смеси начинается за 5-10 минут до прибытия автобетоносмесителя к месту производства бетонных работ.

Плотность бетона может колебаться от 300 до 4500 кг/м³, прочность при сжатии – от 1,5 до 80 МПа. Это означает, что из бетона можно приготовить и несущие и ограждающие теплоизоляционные конструкции.

Песок, гравий и щебень, используемые при приготовлении бетона, должны быть чистыми, без посторонних примесей, которые значительно могут снизить прочность бетона. Цемент применяют той марки, которая позволяет получить бетон нужной прочности. Бетонную массу готовят в бетоносмесителях. Она может быть разной консистенции (густоты). Жесткая бетонная смесь требует при укладке сильного уплотнения, а пластичная – нуждается в меньшем уплотнении. Литая подвижная масса почти самотеком заполняет форму. Консистенция бетонной смеси зависит от количества воды, при избытке которой она расслаивается, а прочность бетона снижается.

Поддают бетонную смесь к месту укладки в бадье или бетоноукладчиком. Спуск бетонной смеси с высоты, во избежание расслоения, выполняется с соблюдением следующих правил:

- Высота свободного сбрасывания бетонной смеси в армированные конструкции не должна превышать 2 м;
- Спуск бетонной смеси с высоты более 2 м должен осуществляться по виброжелобам, обеспечивающим медленное сползание смеси без расслоения.

Монолитность бетонной конструкции фундамента обеспечивается непрерывным бетонированием. Если это сделать не удастся, – устраивают рабочие швы, под которыми понимают плоскость стыка между затвердевшим старым и свежеложенным бетоном. Рабочие швы могут быть горизонтальными и вертикальными, но никогда их не делают наклонными. Возобновлять прерванное бетонирование можно в том случае, если бетонная смесь приобрела прочность не менее 1 МПа, а также если ранее уложенная бетонная смесь при вибрации разжижается, то есть процесс ее кристаллизации находится еще в начальной стадии. Перед началом укладки бетона поверхность рабочего шва промывают, а цементную пленку очищают стальной щеткой.

Свежеложенный бетон нужно прикрыть рогожей, мешковиной или другой плотной тканью, которую поддерживают во влажном состоянии,

периодически смачивая водой. Снимать опалубку можно не ранее, чем через 10 дней после окончания бетонирования. Нагружать монолитные фундаменты перекрытием и кирпичной кладкой можно только после полного схватывания бетона. Монолитный фундамент, выполненный по указанной технологии, обеспечивает равномерную усадку дома без трещин и перекосов.

В последние годы значительно выросли объемы строительства с применением монолитных железобетонных конструкций. В качестве примера можно привести возведение Храма Христа Спасителя с монолитным железобетонным каркасом.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Если очень упрощенно описать технологию возведения конструкций из монолитного бетона, то она будет выглядеть так: непосредственно на стройплощадке монтируются специальные формы – опалубки, повторяющие контуры будущего конструктивного элемента (колонны, стены и т.д.), на которые устанавливается по проекту каркас из арматуры и заливается бетон. Основа постройки, скелет её стен и перекрытий делается из стальной арматуры, которой можно придать любую задуманную архитектором форму. Опалубка может быть сбита из простых досок или собрана из специальных конструкций, от неё будет зависеть то, насколько стены будут гладкими, а перекрытия – ровными. И наконец, заливается собственно бетонный раствор, состав которого варьируется от конкретных задач. После набора бетоном необходимой прочности получается готовый конструктивный элемент здания. Опалубочные элементы либо демонтируются (при применении сборно-разборных опалубок), либо становятся частью стены (при использовании несъемной опалубки). Поверхность бетона и после застывания сохранит рисунок опалубки, что нередко используется архитекторами как элемент декора. Один из излюбленных материалов опалубки у дизайнеров – грубо отесанные деревянные доски, фактура которых великолепно впечатывается в бетон, и стена уже не требует никакой дополнительной штукатурки, а иногда даже окраски. Кроме необыкновенно яркого декоративного эффекта получается двойная экономия и на опалубке, и на штукатурных работах. Далее поверхности обрабатываются, сооружается крыша (хотя она может быть частью бетонного короба), монтируется теплоизоляция, осуществляется внешняя и внутренняя отделка. В общем дом проходит все те же этапы, как и при любом строительстве.

Существующие технологии монолитного строительства определяются, прежде всего, типом применяемой опалубки. Различают:

- технологии, базирующиеся на разборно-переставных опалубках – мелко и крупнощитовых;
- технологии, базирующиеся на блочных опалубках;

- технологии, базирующиеся на объемно- переставных опалубках;
- технологии, базирующиеся на скользящих опалубках.

Большинство применяемых в России технологий монолитного строительства, имеют один существенный недостаток, сдерживающий их развитие и внедрение, это большая трудоёмкость производства работ в расчёте на 1 м² общей площади монолитного здания и наличие тяжёлого ручного труда. В результате возрастает стоимость монолитного строительства, неоправданно увеличиваются сроки возведения зданий (сооружений).

Снижение себестоимости, рост темпов и объёмов монолитного строительства невозможны без снижения трудоёмкости производства работ, повышения качества, улучшения условий труда и повышения его производительности. Это возможно за счёт широкого применения средств комплексной механизации, автоматизации и роботизации.

Неоспоримым преимуществом технологии монолитного строительства по сравнению с другими технологиями (полносборной, кирпичной и др.) является наибольшая предрасположенность её для комплексной механизации и автоматизации.

Предпосылками возможности успешной автоматизации монолитного строительства, в частности домостроения, является появление современных высокомеханизированных опалубочных систем, которые являются ведущим звеном комплексного технологического процесса, обеспечивающим его регулярность и непрерывность.

Перспективным направлением совершенствования строительства из монолитного железобетона является внедрение эффективной автоматизированной (малолюдной) технологии, теоретические аспекты которой заложены профессором Нижегородского архитектурно-строительного университета.

Эффективная автоматизированная технология монолитного строительства является технологией нового поколения и позволяет коренным образом пересмотреть производственно-технологические подходы к возведению многоэтажных зданий различного назначения.

Эффективная автоматизированная технология базируется на применении специальных бетонирующих комплексов «Вертикаль-ЗМ», «Вертикаль-ЗМ Pro», построенных на принципах гибких, относительно легко перенастраиваемых технологических систем с высоким уровнем взаимозаменяемости.

Одним из самых сложных вопросов интенсификации процессов возведения монолитных зданий и сооружений – выбор оптимального метода ускорения твердения бетона. Суровые климатические условия и большая продолжительность зимнего периода в России являются основной причиной повышения в 2.3 раза стоимости, роста трудоёмкости, материало- и энергоёмкости, увеличения сроков строительства, снижения производи-

тельности труда, увеличения потребности в трудовых ресурсах. Поэтому важен выбор оптимальных методов бетонирования, которые позволили бы ускорить твердение бетона, как в зимних, так и в летних условиях. Интенсификация набора прочности бетоном может быть осуществлена различными методами: термообработка; водоподготовка и активация жидкости затворения цементных и бетонных композиций; активация цемента и твердеющей системы; вибротермическая обработка; применение пластификаторов и химических добавок и т.д.

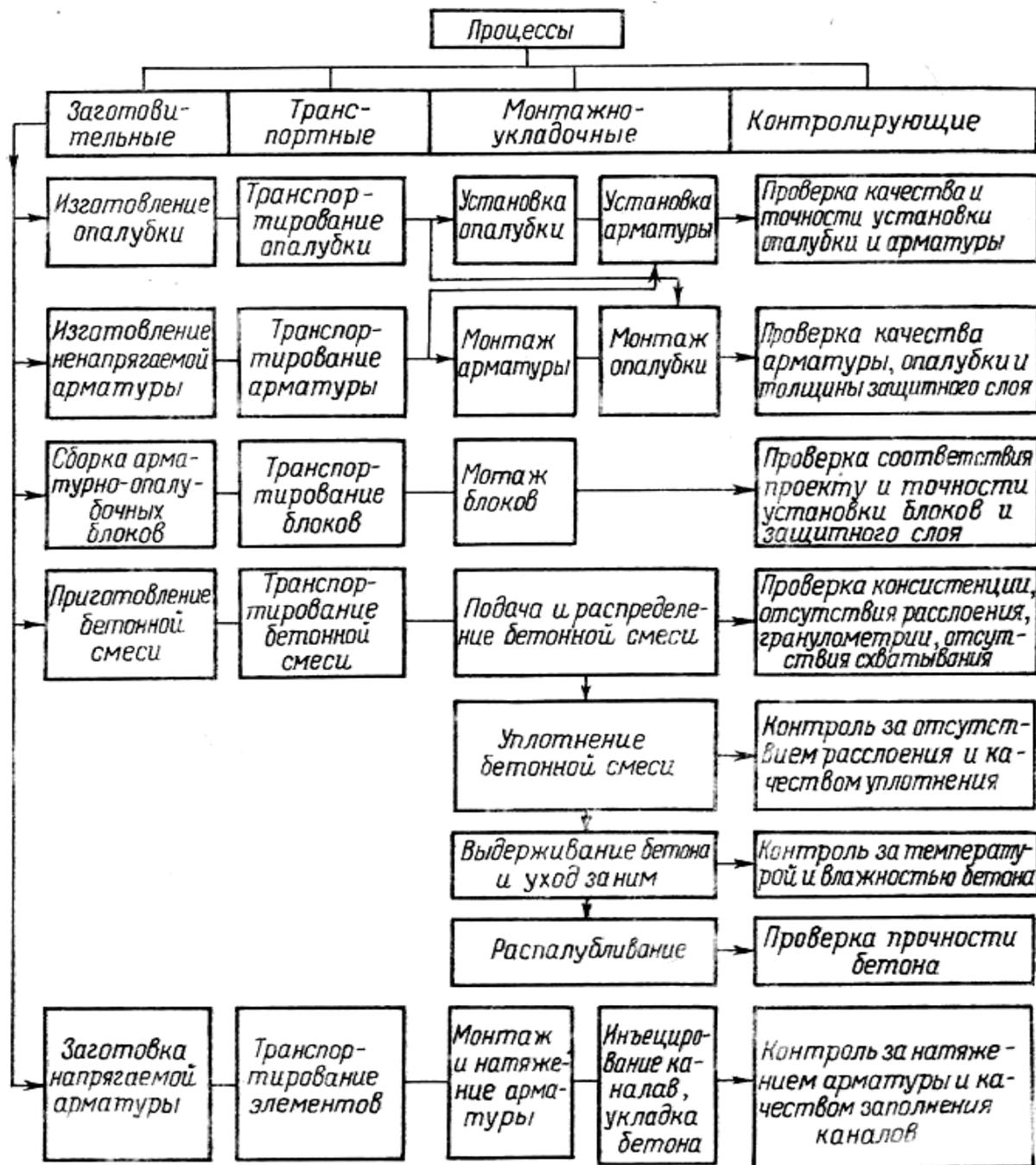
Выбор наиболее эффективного и целесообразного в конкретных условиях при критическом рассмотрении метода ускорения твердения бетона является достаточно сложной проблемой. Каждый из этих методов может быть технологически рациональным и экономически выгодным только для конкретных условий, так как при незначительном изменении исходных материалов или внешних воздействий затраты перераспределяются и целесообразность метода становится сомнительной.

Целью работы является развитие, повышение эффективности и технологической надёжности монолитного строительства путём разработки новых способов интенсификации технологических процессов с применением термоактивных опалубок, методов и средств автоматизации процессов тепловой обработки бетона.

Комплекс работ по возведению бетонных и железобетонных конструкций и сооружений состоит из заготовительных, транспортных, монтажно-укладочных, контролируемых процессов и операций, взаимно увязанных при выполнении поточно-скоростными методами опалубочных, арматурных и бетонных работ. Выполнением основных операций занято примерно 80 % рабочих, 20 % рабочих выполняют вспомогательные операции. Укладка и уплотнение бетонной смеси являются ведущими процессами, которым должны быть подчинены все остальные процессы.

Оптимальным тепловлажностным режимом при выполнении бетонных работ считается среднесуточная температура 16...20°С при относительной влажности 60...65 %. При среднесуточной температуре ниже 5° С необходим специальный расчет технологических режимов, интенсивности бетонирования, условий твердения и ухода за бетоном. В этом случае ППР следует согласовывать с проектной организацией. Необходимо отметить, что существует две принципиально различные технологии ведения железобетонных работ: горизонтальная – для сравнительно невысоких сооружений типа резервуаров, каналов, ограждающих стенок, фундаментов одно- и двухэтажных сооружений; вертикальная – для высоких сооружений типа многоэтажных каркасов, градирен, труб, башен, емкостей и т. п. Определять интенсивность технологического процесса бетонирования для рассматриваемых технологий следует по-разному. При горизонтальной технологии интенсивность технологического процесса определяется объемом

бетонных работ и сроками распалубки, а при вертикальной – сроком достижения минимально допустимой прочности бетона в наиболее загруженной части конструкции или сооружения.



Практика монолитного строительства, регулярные комиссионные обследования объектов монолитного домостроения, а также результаты научно-технического сопровождения ряда объектов выявили ряд проблем, решение которых позволит сделать монолитное бетонирование круглогодичным, ускорить процесс возведения монолитных зданий, повысить качество бетона и конструкций из него.

К этим проблемам следует отнести следующие:

- отсутствие надлежащего контроля бетонных смесей при их доставке на объект, из-за чего невозможно установить данные о температуре смеси, её подвижности;
- недоуплотнение бетона, ведущее к нарушению сплошности конструкций, оголению арматуры, снижению её несущей способности;
- отсутствие контроля температуры твердения бетона, что часто ведет к недобору прочности в контролируемом возрасте;
- нарушение технологии прогрева бетона в монолитных конструкциях, что обуславливает недобор прочности как в промежуточном, так и в проектном возрасте;
- некачественная подготовка опалубки, в том числе использование некачественной смазки, приводящее к искривлению конструкций и некачественной поверхности;
- применение арматурной стали, пораженной поверхностной коррозией (ввиду её неправильного складирования); несоблюдение толщины защитного слоя бетона.

Особенно ответственным периодом монолитного строительства является бетонирование в зимнее время. Как показывает практика, при отрицательных температурах скорость бетонирования резко снижается или оно вообще прекращается (как это было в прошедшую достаточно суровую зиму). Как же создать условия для всесезонного монолитного бетонирования и твердения бетона в экстремальных условиях?

Основной причиной нетвердения бетона при низких температурах является тот факт, что при низких положительных температурах портландцемент твердеет очень медленно, а при отрицательных – вода, не вступившая в реакцию с цементом, замерзает, т.е. переходит в лед, увеличиваясь в объеме на 9 %. При этом в бетоне, который ещё не набрал достаточной прочности, возникают внутренние напряжения, приводящие к нарушениям его внутренней структуры. При последующем повышении температуры бетона твердение возобновляется, но не все нарушения структуры исчезают. В результате ~ недобор прочности. Кроме того, раннее замораживание монолитного бетона в конструкции вызывает снижение сцепления арматуры и зерен заполнителя с цементным камнем ввиду образования вокруг стержней арматуры и заполнителя ледяных корок. Эти негативные процессы обуславливают снижение несущей способности конструкций и их долговечности.

Бетон, укладываемый при отрицательной температуре, должен приобрести определенную прочность (распалубочную – для частичной нагрузки, или полную). Чем больше времени проходит от укладки до замерзания воды в бетонной смеси, тем прочность бетона будет ближе к проектной и тем

меньше образуется внутренних микродефектов, которые отрицательно сказываются на его долговечности.

Нормами регламентируется значение критической прочности бетона, являющейся минимальной, при которой обеспечивается необходимое сопротивление давлению образующегося льда и сохранение в последующем при положительных температурах способности к твердению без ощутимого ухудшения прочности и других свойств. Величина критической прочности зависит от требуемого проектного класса бетона, времени и температуры бетонной смеси до замерзания. В таблице приведены величины критической прочности согласно СНиП 3.03.01-87.

Указанные в таблице показатели прочности должны соблюдаться в обязательном порядке при отрицательной температуре окружающего воздуха во избежание недобора прочности после твердения при нормальной температуре. К моменту загрузки конструкции прочность должна достигнуть 100 % проектной прочности.

Ускорение твердения бетона достигается двумя способами: использованием внутреннего запаса тепла бетона и дополнительной подачей тепла извне.

При первом способе применяются высокопрочные и быстротвердеющие, а также тонкомолотые портландцемента, в том числе цемент низкой водопотребности, добавки-ускорители твердения. Необходимо стремиться уменьшить количество воды затворения за счет применения пластифицирующих, пластифицирующее воздухововлекающих добавок, суперпластификаторов.

Класс бетона	Критическая прочность к моменту замерзания, % от R_M	
	без добавок	с противоморозными добавками (антифризами)
В7.5-В10	50	30
В12.5-В25	40	25
В30 и выше	30	20
Для преднапряженных конструкций	80	
Для конструкций, подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию в водонасыщенном состоянии	70	

Внутренняя температура бетона зависит от количества выделяемого тепла при гидратации цемента (экзотермии цемента), но этого запаса тепла не хватает для достижения критической прочности в короткие сроки, а при низких температурах нужной прочности невозможно достичь без дополнительных мероприятий. Температура бетонной смеси перед укладкой в массивные конструкции должна быть не ниже 5°C, а в тонкостенные – 20°C.

Обеспечить эти условия только за счет экзотермии цемента не всегда удастся, особенно при низких отрицательных температурах. Поэтому внутренний запас тепла увеличивают путем подогрева составляющих бетонной смеси (воды, заполнителей). При этом температура бетонной смеси при выходе из смесителя не должна превышать 30°C, в противном случае она быстро теряет свою подвижность. Это отрицательно сказывается на укладке и уплотнении бетонной смеси, что приводит к её недоуплотнению. Добавлять же воду категорически запрещается.

Такой способ создания внутреннего тепла не всегда подходит для условий приготовления, транспортирования и укладки бетонной смеси. Тем более, что часто транспортирование бетонной смеси на объект занимает 30 и более минут. Использование же автобетоновозов с утепленной чашей еще не вошло в практику.

Подогрев бетонной смеси до 50-70°C перед её укладкой является эффективным способом, позволяющим в короткие сроки достичь критической прочности. Для сохранения накопленного внутреннего тепла необходимо применять утепленные опалубки, укрывать горизонтальные открытые поверхности теплоизоляционным материалом с характеристиками, соответствующими теплотехническому расчету. Этот способ зимнего бетонирования, называемый способом термоса, широко применяется в монолитном строительстве. Практика показывает, что этот способ достаточно эффективен при бетонировании массивных конструкций при температурах наружного воздуха не ниже -10-15°C в зависимости от вида применяемого цемента, температуры смеси перед укладкой и т.д.

При бетонировании сравнительно тонкостенных конструкций при более низких температурах, для достижения распалубочной прочности в короткие сроки применяют подачу тепла извне сразу после укладки и уплотнения бетонной смеси.

В «Руководстве по прогреву бетона в монолитных конструкциях» (РААСН, НИИЖБ, 2005 г.) подробно описаны методы прогрева бетонных смесей до и после укладки.

Тепловая обработка является практически единственным способом ускорения твердения бетона, а в зимнее время – условием достижения прочности монолитных бетонных и железобетонных конструкций.

По современным представлениям, сущность влияния температуры на гидратацию цемента заключается в изменении химической активности воды. С повышением температуры активность воды возрастает вследствие распада крупных ассоциатов из молекул воды на более мелкие. Молекулы воды становятся подвижнее, а их взаимодействие с частицами цемента интенсивнее, что способствует более быстрой гидратации и набору прочности бетона.

В настоящее время прогрев бетона монолитных конструкций осуществляется различными способами, в зависимости от типа конструкций, опалубки, характеристик бетона и т.д.

Режимы прогрева бетона должны выбираться таким образом, чтобы уменьшить негативные изменения в его структуре. Этому содействуют следующие мероприятия, которые достаточно широко применяются при бетонировании в зимнее время: предварительное выдерживание для достижения начальной прочности, равной критической, в процессе которого часть воды связывается с минералами цементного клинкера, адсорбируется на поверхности субмикрочастиц новообразований и частично испаряется (способствует уменьшению количества «лишней» воды в бетоне); уменьшение скорости подъема температуры, которое обеспечивает опережение прироста прочности бетона по сравнению с ростом внутреннего давления, возникающего в нем, тем самым создавая необходимое сопротивление этому давлению.

Как видно, эти мероприятия требуют много времени, что при современных темпах монолитного строительства в большинстве случаев неприемлемо. Поэтому НИИЖБ (Л.А. Малинина, Б.А. Крыловидр.) предложены различные способы интенсификации твердения бетона при прогреве, минимизирующие в то же время деструктивные процессы, обычно возникающие при тепловлажностной обработке бетона. Основное условие такого прогрева – это мягкий режим, под которым подразумевают медленный подъем температуры (10-15°С/час, не более) до температуры изотермического прогрева, а также соблюдение требований по температуре изотермического прогрева в зависимости от модуля поверхности конструкции (исследования НИИМосстроя показали, что температуру изотермического прогрева целесообразно снизить на 8-12°С по сравнению с указанными в СНиП 3.03.01-87 для исключения внутренних деструктивных процессов).

Большое внимание уделяется рациональным методам прогрева бетона в монолитных конструкциях, которые обеспечивают набор начальной (критической) прочности бетона. Было отмечено, что только одним прогревом бетона не всегда можно достичь требуемых результатов. Поэтому важное значение имеет применение противоморозных добавок. Применение этих добавок способствует понижению температуры замерзания воды в бетонной смеси, что обеспечивает проведение бетонных работ и твердение бетона даже при отрицательных температурах и достижение критической прочности в более короткие сроки.

В практике зимнего бетонирования нашли применение различные противоморозные добавки: формиат натрия, ЛИГНОПАН Б-4, нитрит натрия, РЕЛАКСОЛ-2, СЕМПЛАСТ КРИО и др. Для достижения необходимого эффекта их необходимо дозировать. Как правило, все они работают до температуры –15°С. Некоторые добавки обладают комплексным действием (чаще пластифицирующим и ускоряющим твердение). Выбор добавки должен осуществляться на основании лабораторных и опытных проверок в производственных условиях с учетом экономической оценки.

Для обеспечения качества бетона в конструкциях при монолитном строительстве необходимо организовать контроль за производством бетонных работ, особенно в зимнее время. С этой целью при невозможности организации контроля соответствующими службами строительных организаций (застройщиком) необходимо проводить научно-техническое сопровождение строительства силами специализированных НИИ, центров, лабораторий, имеющих в своем составе квалифицированных специалистов с необходимым арсеналом измерительных средств и приборов. Этот вид контроля подразумевает не просто контроль прочности бетона в конструкциях в различные сроки, а сквозной контроль всех работ, включающий входной контроль бетонных смесей, подготовку и сборку опалубки, качество армирования и арматурных изделий, процесс бетонирования, устройство прогрева и температуры бетона в зимнее время и правильности ухода за бетоном при повышенных температурах и т.д. Такая организация контроля позволяет исправить недостатки или дефекты на любой стадии монолитного строительства, обязать производителей работ выполнять требования нормативно-технических документов и проекта. Бетонные работы являются самыми ответственными из строительно-монтажных работ, от которых зависит как безопасность строительства, так и долговечность зданий и сооружений. Поэтому контроль качества этих работ является необходимой обязанностью всех участников строительного процесса.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОГО ПРОЦЕССА БЕТОНИРОВАНИЯ

Комплексный процесс возведения монолитных железобетонных конструкций состоит из технологически связанных и последовательно выполняемых простых процессов:

- установки опалубки и лесов;
- монтажа арматуры;
- монтажа закладных деталей;
- укладки и уплотнения бетонной смеси;
- ухода за бетоном летом и интенсификации его твердения зимой;
- распалубливания;
- часто присутствует монтаж сборных конструкций.

Время, необходимое для набора бетоном распалубочной прочности, входит в общий технологический цикл.

Состав простых процессов, их трудоемкость и очередность выполнения зависят от вида и специфики возводимых монолитных конструкций, применяемых механизмов и типов опалубки, технологических и местных особенностей производства работ.

Каждый простой процесс выполняют специализированные звенья, которые объединены в комплексную бригаду. Сооружение разбивают по высоте на ярусы, в плане – на захватки, что необходимо для организации точного производства работ.

Разбивка на ярусы – высотная разрезка, обусловленная допустимостью перерывов в бетонировании и возможностью образования температурных и рабочих швов. Так, одноэтажное здание обычно разбивают на два яруса: первый – фундаменты, второй – все остальные конструкции каркаса. В многоэтажном здании за ярус принимают полностью этаж с перекрытиями. Высота яруса более 4 м нежелательна, так как при большой высоте и интенсивном бетонировании увеличивается боковое давление на опалубку от укладываемой бетонной смеси.

Разбивка на захватки – горизонтальная разрезка, которая предполагает:

- равновеликость по трудоемкости каждого простого процесса, допустимое отклонение не более 25 %;
- минимальный размер захватки (рабочего участка) – работа звена на протяжении одной смены;
- размер захватки, увязанный с величиной блока, бетонируемого без перерыва или с устройством рабочих швов;
- число захваток на объекте, равное или кратное числу потоков.

Переход звена рабочих с одной захватки на другую среди смены нежелателен. Размер захваток обычно соответствует длине секции здания или должен включать целое число конструктивных элементов – фундаментов, колонн, других конструкций, или определяется по границам участков, намеченных для устройства рабочих и температурных швов.

Для четкой организации выполнения комплексного процесса бетонных работ поточным способом необходимо:

- определить трудоемкость каждого процесса;
- разделить объект на ярусы и захватки, близкие по трудоемкости для каждого процесса, достаточные для работы звена в течение смены;
- установить ритм потока и общий оптимальный срок работ;
- определить и подобрать оптимальное оборудование для подачи на рабочее место опалубки, арматуры и бетонной смеси;
- определить необходимую численность рабочих, исходя из трудоемкости отдельных процессов, принятого ритма потока и провести комплектацию звеньев и бригад;
- составить календарный (посменный) график комплексного процесса.

Возможны варианты с объединением потоков. Так, часто в одном потоке устанавливают опалубку и сразу монтируют в нее арматуру. Возможно и разъединение, когда в самостоятельные потоки выделяют бетонирование стен и перекрытий и связанные с этим процессы.

В комплексном процессе возведения монолитных конструкций ведущим процессом является бетонирование. Этот процесс состоит из связанных операций по транспортированию, подаче на рабочее место, приемке и уплотнению бетонной смеси. Бетонирование влияет на сроки выполнения

опалубочных и арматурных работ, которые находятся в тесной технологической зависимости от него. Поэтому для обеспечения ритмичного потока при разной трудоемкости разнородных процессов принимают одинаковую продолжительность работ (продолжительность бетонирования) при различном численном составе звеньев для каждого из них.

Желательно разработать несколько возможных вариантов технологии работ и принять вариант с оптимальными технико-экономическими показателями. При проектировании производства работ следует, по возможности, предусматривать выполнение процессов по бетонированию и монтажу конструкций в первую смену.

Основной принцип проектирования работ: сколько процессов столько и захваток (рабочих участков, блоков бетонирования).

5. ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

Назначение опалубки – придание необходимой формы и размеров будущей бетонной конструкции. Поэтому внутренние размеры опалубки должны точно отвечать размерам будущего изделия.

Элементами опалубки являются:

- опалубочные щиты или отдельные элементы;
- крепежные устройства;
- поддерживающие элементы (леса).

По материалу опалубка бывает:

- деревянная;
- стальная;
- комбинированная;
- железобетонная;
- пластмассовая;
- фанерная и картонная

Опалубка должна удовлетворять следующим требованиям:

- прочность, неизменность, правильность формы и размеров;
- надежное восприятие вертикальных и горизонтальных нагрузок;
- плотность поверхности должна исключать пропитку через нее цементного молока;
- способность обеспечивать необходимое качество бетонной поверхности;
- возможность многократного использования (оборачиваемость);
- технологичность – удобство в работе, возможность быстрой установки и разборка.

В строительстве в основном применяется разборно-переставная опалубка из деревянных, металлических или комбинированных рамных щитов. Основные правила установки опалубки:

- поступая на объект, опалубка должна быть маркирована. Последовательность установки опалубки указывается в технологической карте или схеме организации опалубочных работ.

– место установки опалубочных форм и лесов должно быть очищено от мусора, снега и пыли.

Поверхность земли должна быть спланирована срезом верхнего слоя грунта. Подсыпать для этого грунт не разрешается.

При установке опалубки следует обращать особое внимание на вертикальность и горизонтальность элементов.

6. АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ

Арматурой называют стальные стержни, профили, проволоку и изделия из них, предназначенные для восприятия в железобетонных конструкциях растягивающих и знакопеременных усилий.

Арматура, которая используется для изготовления железобетонных изделий, подразделяется:

- по материалу -на стальную и неметаллическую;
- по способу изготовления – на стержневую, канатную и проволочную;
- по профилю – на круглую гладкую (класс А-1) и периодического профиля;
- по принципу работы – на ненапряженную и напряженную;
- по назначению – на рабочую, распределительную и монтажную;
- по способу установки – на сварную и вязаную в виде отдельных стержней, сеток и каркасов.

Напряжение арматуры осуществляется механическим или электротермическим способом обычно на заводах.

Процесс напряжения арматуры технически сложен, поэтому при монолитном бетонировании напрягаемая арматура применяется редко

Для более полного использования свойств металла арматуру можно усилить: термически (закалка), холодной вытяжкой, сплющиванием в холодном состоянии, волочением через отверстия диаметром, меньше чем у арматуры (волочение через фильеры).

Арматурная сталь в зависимости от механических свойств относится к разным классам. Для каждого класса горячекатаной арматурной стали в зависимости от ее химического состава устанавливают определенные марки (Ст3, Ст5, 18Г2С и др.).

Для армирования предварительно напряженных конструкций кроме искусственной высокопрочной арматуры применяют пучки и пасма, что изготавливаются из высокопрочного провода диаметром 3 мм, и канаты из нескольких пасм.

Вместе со стальной арматурой для армирования бетона в ряде случаев можно применять стеклопластиковую арматуру, которая не уступает по своей прочности стальному проводу, имеет в несколько раз меньшую мас-

су и большую, в сравнении со стальной арматурой, стойкость к коррозионным воздействиям.

В строительстве широко используют арматурные сетки в виде плоских изделий и рулонов. Для армирования балок, ригелей, прогонок выпускают плоские или пространственные арматурные каркасы.

Арматурные изделия следует изготавливать на крупных арматурных заводах, поскольку при изготовлении арматуры в мелких цехах и напри объектных полигонах в 3–5 раз растут расходы ручного труда, увеличиваются потери материала и стоимость продукции.

Процесс поэтапного изготовления арматурных изделий можно выразить следующей цепью: состав арматуры – размотка, правка, чистка и резка – гнутье – сварка – готовое изделие. Размотку из бухт, правку, чистку и резку легкой арматуры осуществляют на автоматических правильно-отрезных станках.

В условиях строительной площадки выполняются: приемка арматурных изделий, сортировка и складирование; подготовка к монтажу, при необходимости укрупнения и объединения в арматурно-опалубочные блоки; установка, выверка арматуры и окончательное соединение стыков; приемка работ с составлением акта скрытых работ.

При монтаже арматуры необходимо обеспечивать защитный слой бетона, между внешними поверхностями арматуры и бетона.

Защитный слой в плитах и стенках толщиной до 10 см должен быть не меньше 10 мм; в плитах и стенках более 10 см – не меньше 15 мм; в балках и колоннах при диаметре продольной арматуры 20- 32 мм – не меньше 25 мм и при большем диаметре – не меньше 30 мм.

7. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

При возведении железобетонных конструкций рекомендуется там, где это возможно, непрерывно укладывать бетонную смесь. Иногда это является непременным технологическим условием, например при устройстве фундаментов под машины, работающие в динамических режимах. Однако в большинстве случаев при сооружении обычных железобетонных конструкций по организационным и технологическим причинам перерывы в бетонировании неизбежны и, следовательно, неизбежно устройство рабочих швов.

В рабочих швах в отличие от деформационных должны быть исключены перемещения стыкуемых поверхностей относительно друг друга. Следует также отметить, что плоскость стыка между старым и новым участками стыкуемой конструкции является как бы границей изменения направлений усадочных деформации

Поэтому здесь возникают растягивающие усилия, ослабляющие зону стыка. Все это определяет повышенные требования к размещению стыков

в конструкции, их конструктивному оформлению и технологии их выполнения.

Шов обычно образуется путем установки щита из деревянных реек или досок с прорезями для арматуры.

Бетонирование может быть возобновлено после незначительного перерыва в работе, когда уложенный бетон еще находится в ранней стадии твердения и сохраняет некоторую подвижность или когда он уже приобрел начальную прочность.

В первом случае, чтобы не повредить нарождающуюся кристаллизационную структуру ранее уложенного бетона и не нарушить его сцепления с арматурой при укладке свежего бетона, необходимо избегать сотрясений опалубки и на расстоянии до 1 м от стыка не применять вибраторов.

Во втором случае, если бетон уже достиг некоторой прочности (не менее 1...1,2 МПа), поверхность, непосредственно примыкающую к стыку, бетонируют обычным способом. Для лучшего сцепления ранее уложенного бетона со свежим с плоскости стыка удаляют карбонатную пленку толщиной до 3 мк, которая образуется в результате взаимодействия минералов цемента с углекислотой. Затем бетон насекают, тщательно промывают или продувают сжатым воздухом и покрывают слоем цементного раствора толщиной 1,5...2 мм.

Применение пластифицирующих добавок. Для улучшения удобоукладываемости бетонной смеси без увеличения расхода цемента применяют пластифицирующие добавки-разжижители, которые позволяют повысить прочность и подвижность бетонной смеси, снизить ее водопотребление. Возможность получения подвижной бетонной смеси дает возможность использовать так называемую литьевую технологию ее укладки, что резко снижает трудоемкость этого процесса, особенно при бетонировании густоармированных конструкций.

Особо тяжелые бетоны применяют при сооружении ограждающих конструкций, предназначенных для защиты от радиоактивных излучений. Для этой цели используют бетоны с плотностью до 5000 1/кг/м³. Заполнителем в них служат чугунный скрап, барит, чугунная f дробь, лимонит и др. Наиболее эффективно от нейтронного излучения защищают вещества, содержащие водород. Поэтому заполнителями служат серпентинит и добавки карбида, бора, хлористого литая и др.

Особо тяжелые бетонные смеси труднее перемешиваются, труднее приобретают свойства тиксотропии и более подвержены расслаиванию. Поэтому почти вдвое увеличивается по сравнению с обычными бетонными смесями время их перемешивания, используются более мощные вибраторы и способы доставки, исключая промежуточные перегрузки.

Жаростойкие бетоны при воздействии высоких температур сохраняют определенное время свои физико-механические свойства и длительное время выдерживают температуру до 1200°C без потери прочности.

Для приготовления жаростойкого бетона применяют глиноземистый цемент, портландцемент, шлакопортландцемент и жидкое стекло с кремнефтористым натрием. Вместо песка и щебня используют шамот, бой глиняного кирпича, базальт, диабаз и др.

Укладка жаростойких бетонных смесей требует более длительного вибрирования. Для предотвращения расслаивания их рекомендуется доставлять к месту укладки без перегрузки.

Кислотоупорные бетоны предназначены для облицовки аппаратуры и покрытий полов на предприятиях химической промышленности. В их состав входят кислотоупорный цемент и кислотоупорные заполнители: кварцевый песок, щебень из бештаунита и др. В качестве затворителя служит растворимое стекло (силикат натрия). В отличие от обычного бетона кислотоупорный бетон выдерживают в воздушно-сухой среде.

Бетоны на полимерной основе применяют для устройства износостойких покрытий, нефтенепроницаемых емкостей, конструкций, эксплуатирующихся в агрессивной среде.

Полимерцементный бетон – это бетон, в котором в качестве связующих компонентов используют полимеры и цемент, а в качестве заполнителей – песок и щебень.

Пластбетон – это бетон, приготовленный целиком на органических полимерных вяжущих, например фурановых, полиэфирных и др. с минеральным наполнителем в виде кварцевого песка, щебня или гравия. Так как пластбетонные смеси быстро твердеют, их следует готовить непосредственно у места укладки. В качестве отвердителя, добавляемого в процессе перемешивания смеси, используют сульфокислоты, минеральные кислоты и др.

Уплотнение бетонной смеси. Одним из условий получения высококачественного бетона с заданными физико-механическими свойствами и высокой степенью удобоукладываемости является его уплотнение вибрацией в процессе укладки или вакуумирования сразу же после укладки в опалубку.

В неуплотненной бетонной смеси содержится значительное количество воздуха: в смеси жесткой консистенции объем воздуха достигает 40...45 %, в пластичной – 10...15 %, причем ориентировочно считают, что каждый процент воздуха в смеси уменьшает прочность бетона на 3...5 %.

При вибрировании бетонной смеси ей сообщают частые вынужденные колебания (импульсы), под действием которых удаляется находящийся в смеси воздух, нарушается связь между частицами и происходит более компактная их упаковка. Это обеспечивает получение более плотного бетона с морозостойкой, водонепроницаемой и прочной структурой. При этом уменьшается внутреннее трение, защемленные пузырьки воздуха всплывают на поверхность. В результате резко снижается вязкость смеси и она приобретает свойства тяжелой структурной жидкости. Временно перейдя в текучее состояние, бетонная смесь приобретает повышенную подвиж-

ность, растекается по форме и уплотняется под действием, собственной массы.

Эффект от уплотнения бетонной смеси вибрированием зависит от частоты и амплитуды колебаний и продолжительности вибрирования.

По диапазону вибрационных параметров различают вибраторы

– низкочастотные с числом колебаний до 3500 в 1 мин и амплитудой до 3 мм;

– среднечастотные с частотой колебаний 3500...9000 в 1 мин и амплитудой 1,5 мм;

– высокочастотные с частотой колебаний 10...20 тыс. в 1 мин и амплитудой 0,1... 1 мм.

Применение высокочастотной вибрации позволяет уменьшить требуемую мощность вибраторов и сократить продолжительность вибрирования. Высокочастотное вибрирование особенно эффективно при бетонировании тонкостенных густоармированных конструкций бетонной смесью с мелкой фракцией.

Одним из направлений возможного повышения эффективности вибрационных воздействий мог бы явиться переход на поличастотную вибрацию. При этом предполагается, что отдельные частоты вынужденных колебаний вибратора будут отдельно в резонансном режиме воздействовать на цементное тесто, песок и крупный заполнитель. Однако сложность создания многочастотных вибрационных излучателей пока не позволяет широко реализовать этот принцип.

Наибольшее применение в строительстве находят электромеханические вибраторы. Пневматические вибраторы, будучи взрывобезопасными, чаще используются в шахтном строительстве.

Вакуумирование бетона является одним из эффективных технологических методов, позволяющих извлечь из уложенного и уже уплотненного бетона около 10...20 % избыточной (свободной) воды затворения, благодаря чему существенно улучшаются физико-механические качества бетона.

Установлено, что при вакуумировании конечная прочность бетона повышается на 20...25 % и уменьшается пластическая усадка. За счет большей плотности вакуумированного бетона (до 2 %) сокращается капиллярный подсос, что повышает противокоррозионную стойкость бетона, увеличивает его водонепроницаемость, морозостойкость и сопротивление истираемости.

Бетон сразу после вакуумирования приобретает структурную прочность 0,3...0,4 МПа, что достаточно для распалубки ненесущих элементов конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология возведения зданий и сооружений [Текст] / под ред. В.И. Теличенко. – М.: Высшая школа, 2002.
2. Технология возведения полносборных зданий [Текст] / под ред. А.А. Афанасьева. – М.: Высшая школа, 2000.
3. Афанасьев, А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона [Текст] / А.А. Афанасьев М.: Стройиздат, 1990. – 384 с.
4. Афанасьев, А.А. Термоактивная блок-форма [Текст] / А.А. Афанасьев, Ю.А. Минаков // Патент № 1049642. Государственный реестр изобретений, 1999. – 4 с.
5. Минаков, Ю.А. Организационные формы возведения монолитных фундаментов в низковольтных блок-формах [Текст] / Ю.А. Минаков // Материалы науч.-техн. конф. МИСИ им. В.В. Куйбышева по итогам науч.-исслед. раб. за 1982 года. – М., 1983. – С. 101-104.
6. Медведев, В.С. Нейронные сети. MATLAB 6 [Текст] / В.С. Медведев, В.Г. Потёмкин М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.: ил.
7. Корнеев, В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации [Текст] / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин, В.В. Райх. – М.: «Нолидж», 2000. – 352 с.
8. Гныря, А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях [Текст] / А.И. Гныря. – Томск: Томский университет, 1984. – 280 с.
9. Сидоренко, М.В. Оценка прочности бетона в конструкциях [Текст] / М.В. Сидоренко, Д.А. Коршунов // Бетон и железобетон. – 1990. – №8. – С. 10-12.
10. Афанасьев, А.А. Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона [Текст] / А.А. Афанасьев – М.: Стройиздат, 1990. – 384 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	5
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ	13
3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА	15
4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОГО ПРОЦЕССА БЕТОНИРОВАНИЯ	23
5. ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ	25
6. АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ	26
7. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	31

Учебное издание

Комаров Виктор Александрович

ВОЗВЕДЕНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ

Методические указания
по выполнению самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 18.11.2014. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 465.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28