

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОТА»**

Кафедра «Строительные технологии и конструкции»

Т. В. ЯШИНА, А. А. АЛЕКСЕЕВА

**ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ
БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Учебно-методическое пособие

Гомель 2018

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные технологии и конструкции»

Т. В. ЯШИНА, А. А. АЛЕКСЕЕВА

**ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ
БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Гомель 2018

УДК 624.012.45/.46 (075.8)
ББК 38.53
Я96

Рецензент – главный инженер ОАО «Строительно-монтажный трест
№ 27» *П. Е. Лемешко*

Яшина, Т. В.

Я96 Опалубочные работы при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций : учеб.-метод. пособие / Т. В. Яшина, А. А. Алексеева; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 96 с.
ISBN 978-985-554-403-7 (ч. I)

Изложены основные положения по выбору опалубочных систем, производству опалубочных работ при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Приводятся рекомендации по выполнению технологических расчетов по опалубочным работам на практических занятиях, в курсовом и дипломном проектировании.

Предназначено для студентов специальностей «Производство строительных изделий и конструкций», «Промышленное и гражданское строительство», слушателей переподготовки «ИПКиПК».

УДК 624.012.45/.46(075.8)
ББК 38.53

ISBN 978-985-554-370-2

© Яшина Т. В., Алексеева А. А., 2018
© Оформление. УО "БелГУТ", 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Общие положения	4
1.1 Классификация опалубок и их оборачиваемость	5
1.2 Общие требования к опалубкам	7
2 Основные виды опалубок и области их применения	9
2.1 Характеристика и область применения опалубки	9
2.2 Выбор типа опалубки	13
3 Опалубочные работы	14
3.1 Подготовительные работы	15
3.2 Монтаж и демонтаж опалубки	16
4 Опалубочные работы при зимнем бетонировании конструкций	30
4.1 Проектирование утепленной опалубки и расчет параметров твердения бетона методом термоса	34
4.2 Расчет коэффициента теплопередачи опалубки	43
5 Технология и организация производства опалубочных работ на строительной площадке	45
6 Требования безопасности при производстве опалубочных работ	50
Список литературы	52
Приложения	54
А Структурные элементы опалубочных систем	54
Б Схемы разных опалубок к классификации	57
В Схемы приобъектного бетонирования монолитных конструкций, расстановки опалубки и их расчетные схемы	66
Г Схемы устройства опалубок для различных участков стен	70
Д Схема устройство опалубки лестничных маршей	73
Е Устройство щитовой опалубки балок и прогонов	75
Ж Устройство опалубки ленточного фундамента и фундамента под	77
И Устройство опалубки колонн	80
К Пример расчета параметров твердения бетона методом термоса	82
Л Перечень опалубочных работ в составе ППР и технологических картах	89
М Примеры калькуляций затрат труда и графика производства работ	91
Н Карта контроля технологических процессов на монтаж опалубки	102

ВВЕДЕНИЕ

Монолитное строительство любого здания и сооружения невозможно без технологического элемента – опалубки. В комплексном технологическом процессе по возведению монолитных конструкций устройство опалубки и распалубливание конструкции (снятие опалубки) являются одними из важных и трудоёмких операций; которые отвечают за эксплуатационные характеристики бетонизируемых объектов, надежность и безопасность сооружений.

Технологический процесс строительства монолитных зданий включает комплекс опалубочных, арматурных и бетонных работ. К основным процессам монолитных работ относятся: монтаж и демонтаж опалубки, установка, вязка или сварка арматуры и укладка бетонной смеси (технология бетонирования конструкций подробно изложена в методическом пособии [1]). В данном пособии рассматриваются опалубочные работы.

Организация технологического процесса возведения зданий из монолитного бетона создает большие возможности для творческих поисков и, в силу гибкости формообразования, позволяет достичь наибольшего соответствия архитектуры зданий их функциональному назначению. Легко достигается в монолите изменение высоты этажа, что весьма важно для размещения нежилых помещений и офисов в первых этажах здания. В жилищном строительстве появляется возможность свободного выбора планировочного решения зданий.

При выполнении технологических расчетов (на практических занятиях, в курсовом проектировании) по возведению монолитных бетонных и железобетонных конструкций, следует правильно выбрать оплубличную

систему, разработать эффективную технологию опалубочных работ на строительной площадке; составить технологические схемы приобъектного бетонирования конструкций с детализацией опалубочных работ, калькуляцию и график производства работ; для зимних условий бетонирования выбрать соответствующую опалубку и наилучший способ твердения конструкций для достижения критической прочности, выполнить расчеты по утеплению опалубки и определению параметров твердения бетона монолитных конструкций (выполняются в соответствии с заданием).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При разработке курсового и дипломного проекта по теме монолитного бетонирования конструкций следует обратить внимание, что возведение монолитных зданий имеет ряд преимуществ: это реконструкция зданий, возможность строительства в условиях, где нет производственной базы (заводов ЖБИ); создание архитектурной выразительности зданий с реализацией любой архитектурной идеи. Монолитный бетон является лучшим материалом для создания уникальных сооружений, крупных общественных зданий со сложной многоплановой структурой.

Принято различать по конструктивным типам: монолитные и сборно-монолитные здания. Монолитными называются здания в которых основные несущие конструкции (внутренние стены, колонны и перекрытия) выполнены из монолитного бетона. Сборными могут быть ограждающие конструкции, лестничные марши, перегородки и т.п. (доля монолитности составляет 70% и более от общего объема конструктивных элементов здания). Сборно-монолитными являются здания, в которых часть конструкций выполнена в монолите, а другая в сборном варианте (доля монолитности - от 30 до 70% от общего объема конструктивных элементов).

Метод монолитного домостроения позволяет изготавливать конструкции (стены, перекрытия, колонны, лестничные марши и др.) непосредственно на стройплощадке при возведении здания. Для этого применяются различные типы опалубок. Опалубка – формообразующая временная конструкция, состоящая из собственно формы, поддерживающих лесов и крепежных устройств.

Опалубочные работы и опалубка должны удовлетворять требованиям стандартов [2, 3]. Опалубка должна соответствовать требованиям СТБ 1110 и обеспечивать пространственную форму, необходимые размеры и качество поверхности возводимых конструкций в пределах установленных допусков [3].

Любой тип опалубки должен обеспечивать минимизацию материальных, трудовых и энергетических затрат при монтаже и демонтаже; иметь

необходимую прочность, жесткость, устойчивость, геометрическую неизменяемость и достаточную герметичность при бетонировании; обеспечивать максимальную оборачиваемость; иметь минимальную адгезию и химическую нейтральность формообразующих поверхностей по отношению к бетону; обеспечивать безопасность работ.

Для упрощения монтажа конструкция опалубки должна быть максимально облегчена, при этом она не должна терять своих механических свойств. Опалубка должна обеспечить отсутствие прогиба перекрытия. Поддерживающая конструкция опалубки должна выдерживать значительный вес материала.

Опалубка бетонизируемых конструкций рассчитывается на статическое и динамическое воздействие бетонных смесей с учетом интенсивности бетонирования и не должна допускать утечки бетонной смеси или цементного молока.

Для сложных конструкций и конструкций с большими технологическими нагрузками и при высоте опорной системы более 5 м к ППР должны быть приложены подтверждающие **статические расчеты** несущей способности опалубки и опорной системы [2].

К основным направлениям совершенствования монолитного домостроения относятся: применение индустриальных технологичных опалубок; минимизация ручных процессов и их техническое оснащение; интенсификация монолитных процессов; разработка эффективных способов зимнего бетонирования, в том числе опалубочных систем.

1.1 Классификация опалубок и их оборачиваемость

Классификация опалубок. По конструкции опалубки разделяются на съемные и несъемные. По материалу могут быть стальные, алюминиевые, деревянные из ламинированной многослойной фанеры, из пенополистирольных плит и блоков.

По конструктивным признакам опалубка подразделяется на типы:

- мелкощитовая (МЩ);
- крупнощитовая (КЩ);
- блочно-переставная (БП);
- блок-формы (БФ);
- объемно-переставная (тоннельная) (ОБТ);
- подъемно-переставная (ПП);
- горизонтально-перемещаемая (катучая, тоннельная) (ГП);
- скользящая (СК);
- несъемная (НС);
- пневматическая (ПН).

По материалам формообразующих элементов инвентарная опалубка подразделяется на:

- металлическую;
- комбинированную;
- деревянную;
- пластмассовую и из других материалов.

По материалам формообразующих элементов несъемная опалубка подразделяется на:

- железобетонную;
- армоцементную;
- фибробетонную;
- пластмассовую;
- сетчатую и из других материалов.

По применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру ее воздействия на бетон опалубка подразделяется на:

- неутепленную;
- утепленную;
- термоактивную.[3] из СТБ 1110 -98

К основным структурным элементам опалубочных систем относятся: телескопическая стойка, съемный оголовок, тренога, защитная трубка тяжа, наконечник защитной трубки, страховочная подпорка, подпорка (характеристики которых приведены в приложении А. Неиспользуемые в процессе бетонирования отверстия под тяжи в щитах опалубки должны закрываться съемными пробками.

Таблица 1.1 - Оборачиваемость элементов инвентарных опалубок

Тип опалубки	Оборачиваемость опалубки, единиц оборотов				
	Палуба				Поддерживающие элементы из стали
	металлическая (из стали)	фанерная		Деревянная	
		металлический каркас	деревянный каркас		
Мелкощитовая, Крупнощитовая, Подъемно-переставная, Блочная	200	40	30	20	
Объемно-переставная					300
Скользкая, м.п.	300	60	-	30	600
Горизонтально перемещаемая (катучая, тоннельная),	400	80	-	40	800

М. П.					
-------	--	--	--	--	--

Оборачиваемость опалубок. При возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений необходимо применять опалубочные системы соответствующие действующим ТНПА и обеспечивающие многократную оборачиваемость [2,3]. Оборачиваемость элементов опалубки (многократное использование) в зависимости от их типа должна быть не менее приведенной в таблице 1. Оборачиваемость повышается за счет изготовления опалубки инвентарной, унифицированной и разборной.

Оборачиваемость повышается за счет изготовления опалубки инвентарной, унифицированной и разборной. Рациональными являются комбинированные конструкции, в которых несущие и поддерживающие элементы – из металла, а соприкасающиеся с бетоном – из пиломатериалов, водостойкой фанеры, древесностружечных плит, пластика. Оборачиваемость инвентарной опалубки с палубой из досок, ДСП и ДВП - 5...10-кратная, опалубки из водостойкой фанеры – 50...100-кратная, стальной опалубки - 100...700 -кратная.

1.2 Общие требования к опалубкам

Опалубка (опалубочная система) должна удовлетворять ряду конструктивных, технологических и экономических требований [3].

Конструктивные требования. Конструкция опалубки должна обеспечивать:

- быстроразъемность соединительных и крепежных элементов и замков;
- возможность устранения зазоров в элементах, появляющихся в процессе длительной эксплуатации;
- минимальное сцепление с бетоном (кроме несъемной опалубки);
- фиксацию закладных изделий в проектном положении с точностью, приведенной в рабочих чертежах на монолитные конструкции;
- возможность регулирования в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- возможность укрупнительной сборки и переналадки (изменения габаритных размеров или конфигурации) в условиях строительной площадки;
- удобство ремонта и замены элементов, вышедших из строя;

– быструю установку и разборку ее без повреждения монолитных конструкций и элементов опалубки.

– температурно-влажностный режим, необходимый для твердения и набора бетоном требуемой прочности (для утепленной и термоактивной опалубки).

Требования надежности. Опалубка должна обеспечивать восприятие вертикальных и горизонтальных нагрузок - от собственной массы опалубки и лесов; бетонной смеси и арматуры; людей и оборудования; вибрирования бетонной смеси; ветровых нагрузок; временных технологических и транспортных нагрузок в зависимости от условий транспортирования и укладки бетонной смеси.

Несущая способность опалубки при бетонировании конструкций с вертикальной и наклонной поверхностью должна соответствовать установленной в проектной документации и быть не менее 50 кПа.

Прогиб элементов опалубки под действием воспринимаемых нагрузок не должен превышать следующих значений:

- 1/400 пролета элемента опалубки;
- 1/500 пролета для опалубки перекрытий.

Для сложных конструкций или для конструкций с большими технологическими нагрузками и при высоте опорной системы более 5 м должны быть дополнительно представлены подтверждающие **статические расчеты** по несущей способности опалубки и опорной системы [2].

Крупнощитовая, блочная, объемно-переставная и горизонтально-перемещаемая опалубки должны иметь устройства для предварительного отделения их от поверхности забетонированных конструкций. **Применение грузоподъемных механизмов для срыва опалубки с бетона запрещается.**

Материал, применяемый для изготовления опалубки, должен обеспечивать ее высокую оборачиваемость и долговечность, только в этом случае будет обеспечена **экономическая целесообразность** ее применения, поскольку стоимость опалубки (особенно перекрытий) достаточно велика.

Помимо общих требований отдельные виды опалубки должны соответствовать специальным требованиям. Так, в ряде случаев, опалубки используют для создания рельефных оттисков для фасадных поверхностей монолитных стен. Для этого применяют специальные рельефообразующие опалубки или вкладыши. Несъемную опалубку используют иногда в качестве гидроизоляции подземных сооружений. Плиты такой опалубки, помимо прочего, должны быть водонепроницаемыми.

Снижение трудоемкости и стоимости опалубочных работ непосредственно связано с конструктивными особенностями выбранной

опалубки: числом типоразмеров основных элементов, их массой, способом соединения и типом крепления, площадью отдельных щитов и их модулем.

2 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ОПАЛУБОК И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1 Характеристика и область применения опалубки

Характеристики типов опалубки, их конструктивные и технологические особенности, область рационального применения приведены в таблице 2. Схемы основных опалубочных систем приведены в приложении Б.

Таблица 2.1 - Характеристика и область применения опалубки

Тип опалубки	Характеристика и область применения
1 Мелкощитовая	<p>Состоит из элементов с массой до 50 кг, допускающей ручную сборку и разборку, в том числе: щитов, поддерживающей и крепежновыверочной оснастки. Может укрупняться в панели.</p> <p>Применяется для бетонирования конструкций с вертикальными, горизонтальными и наклонными плоскостями, в том числе перекрытий.</p>
2 Крупнощитовая	<p>Состоит из крупноразмерных щитов, конструктивно связанных с поддерживающими элементами. Распалубливается с помощью отжимных устройств. Переставляется краном.</p> <p>Применяется для бетонирования крупноразмерных конструкций.</p>
3 Блочнопереставная	<p>Состоит из щитов и поддерживающих элементов, собранных в пространственные блоки жесткой или разъемной конструкции. Укомплектована средствами подмащивания. Переставляется в частично или полностью собранном виде краном.</p> <p>Применяется для бетонирования наружных и внутренних стен жилых и общественных зданий, столбчатых фундаментов и других крупноразмерных конструкций. .</p>

4 Блок-форма	Состоит из жесткой или трансформирующейся металлической формы с технологическим уклоном для распалубливания. Снимается и переставляется краном. Применяется для бетонирования отдельно стоящих фундаментов или других однотипных конструкций с замкнутым контуром.
5 Объемнопереставная (тоннельная)	Состоит из П-образных и Г-образных металлических секций и полусекций с шарнирно-закрепленными опалубочными панелями стен и перекрытий, образующих после сборки на рабочем горизонте блок тоннельной опалубки размером на бетонлируемую ячейку. Секции оснащены устройством для распалубки и приведения ее в транспортное положение. Применяется для одновременного бетонирования стен и перекрытий жилых и общественных зданий преимущественно с несущими поперечными стенами.
<i>Окончание таблицы 2.1</i>	
Тип опалубки	Характеристика и область применения
6 Скользящая	Состоит из щитов, рабочего пола, гидравлических или электромеханических домкратов, закрепленных на домкратных рамах, приводных станций и прочих элементов (подвесных подмостей, домкратных стержней, козырьков и др.). Опалубка поднимается домкратами по мере бетонирования. Применяется для возведения вертикальных монолитных конструкций зданий и сооружений (преимущественно постоянного сечения) и толщиной не менее 12 см (ядра жесткости, градирни, дымовые трубы, силосы и др.).
7 Несъемная	Состоит из формообразующих элементов (в том числе сетчатых), остающихся после бетонирования в конструкции, и инвентарных крепежно-поддерживающих элементов. В ряде случаев выполняет функции облицовки, изоляции, утеплителя. Может включаться или не включаться в расчетное сечение монолитной конструкции. Применяется для возведения фундаментов зданий, фундаментов под оборудование, сборно-монолитных перекрытий и т.д.; заглубленных в грунт конструкций, не требующих чисто ты поверхности; висячих и подвесных конструкций покрытий.

8 Пневматическая	Состоит из гибкой воздухоопорной оболочки или пневматических поддерживающих элементов с формообразующей оболочкой. Применяется для возведения конструкций и сооружений криволинейного очертания (арочных перекрытий, куполов).
9 Подъемнопереставная	Состоит из щитов, отделяемых от бетонируемой поверхности при перемещении поддерживающих элементов, рабочего пола (настила), и приспособлений (механизмов) для перемещений. Применяется для бетонирования конструкций и сооружений, преимущественно переменного сечения, (дымовых труб, градирен, силосных сооружений, опор мостов и т.д.).
10 Горизонтально перемещаемая (катучая, тоннельная)	Состоит из щитов, в том числе криволинейного очертания, закреплённых на пространственном каркасе. Перемещается вдоль возводимого сооружения на тележках или других приспособлениях. Применяется для возведения тоннелей, возводимых открытым способом, подпорных стен, водоводов, коллекторов, резервуаров и др.

При возведении монолитных каркасных зданий широко применяется в Республике Беларусь опалубочная система «МОДОСТР». На современных стройках применяют так же импортные опалубки: фирмы Doka (Австрия), Фирма Peri (Германия) и др. (при монтаже опалубки иностранных производителей следует руководствоваться инструкцией по ее эксплуатации). Характеристики современных опалубочных систем приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.3 – Характеристики современных опалубочных систем

№ п/п	Тип опалубки	Характеристика	Область применения
1	Опалубочные системы фирмы «ПЕРИ» Германия	Многоцелевая опалубка, состоящая из мелкогабаритных и крупногабаритных щитов каркасной конструкции, специальных креплений для соединения щитов, оснастки и несущих элементов (стоек, балок, поддерживающих устройств)	Изготовление конструкций фундаментов, прямых и криволинейных стен, прямоугольных и цилиндрических колонн, балочных и плоских перекрытий, тоннелей, каналов и т.д.
3	Опалубка	Модульная,	Изготовление

№ п/п	Тип опалубки	Характеристика	Область применения
	фирмы «Далли», Германия	сверхоблегченная, особоустойчивая, быстроустанавливаемая опалубка, состоящая из мелкогабаритных щитов, соединяемых болтовыми зажимами. Опалубка оснащена также различными приспособлениями и несущими элементами (стойки, балки, подкосы)	конструкций фундаментов, прямых и криволинейных стен, перекрытий, лифтовых шахт, всевозможных емкостных сооружений.
4	Опалубочные системы фирмы «Дока»	Многоцелевая опалубка, состоящая из специально сформированных профилей рам и траверс. Элементы опалубки крепятся при помощи интегрированной системы ригелей	Изготовление конструкций колонн, прямых и криволинейных стен, перекрытий, лифтовых шахт и фундаментов.
5	Несъемная	Состоит из плоских элементов различных материалов, остающихся после бетонирования в теле конструкции, и инвентарных поддерживающих элементов (профилированный настил, сетчатая опалубка, стеклоцемент и т.д.)	Возведение конструкций без распалубливания, создание гидроизоляционной облицовки и фактурной поверхности (перекрытия, колодцы, фундаменты). Может включаться в расчетные сечения конструкций
<i>Окончание таблицы 2.3</i>			
6	Термоактивная	Любая опалубка, оборудованная нагревательными элементами, оснащенная системами контроля и регулирования режима прогрева	Бетонирование конструкций в зимнее время, а также для ускорения твердения бетона, в т.ч. в летнее время
10	Комплектная опалубка «НОЕ» Фирма «VERMEER»	Комплектная опалубка	для больших объемов опалубочных работ в высотном и глубинном строительстве с изменяющейся областью применения.

Таблица 2.4 - Технико-экономические показатели современных опалубок

№ п/п	Показатели	Типы опалубок						
		Пери	Далли	Ное	Дока	Тиссен	Пашал	Мева
1	Материал опалубки	Алюминий, сталь, древесина, фанера	Сталь	Сталь		Сталь	Сталь	Сталь
2	Оборачиваемость, раз	100	100	100	100	100	100	100
3	Приведенная масса, кг/м ²		85	90		85	90	
4	Давление бетонной смеси, кПа		50	60		60	55	
5	Прогиб		1/300	1/250		1/300	1/250	
6	Трудозатраты монтаж/демонтаж, чел. час/м ²		0,35/ 0,14	0,28/ 0,15		0,3/ 0,15	0,35/ 0,16	

2.2 Выбор типа опалубки.

Выбор опалубки и технологии опалубочных работ производится из условия обеспечения заданных сроков или темпов строительства при минимальном количестве опалубки и должен обеспечивать нормируемые показатели качества монолитных конструкций, учитывая экономические показатели опалубки и технические возможности строительных организаций.

Выбор типа опалубки должен производиться в зависимости:

— от вида и размеров бетонированных конструкций (стена, колонна, перекрытие и др.);

— способа производства арматурных и бетонных работ (влияющих на темп и срок строительства).

При выборе опалубки предпочтение следует отдавать специализированным опалубочным системам заводского изготовления, обеспечивающим многократную оборачиваемость и ее полную комплектность. Для получения бетонных поверхностей, готовых под окраску или оклейку обоями, должны применяться, как правило, крупноразмерные конструкции опалубок с минимальным количеством стыковых соединений.

Для стен и конструкций небольших размеров применяется мелкощитовая опалубка. Для монолитных стен рекомендуется применять рамную каркасную щитовую опалубку со щитами высотой на этаж. В качестве доборных элементов могут применяться щиты меньших размеров.

Для монолитных конструкций сложной конфигурации, в том числе с криволинейными поверхностями, допускается применение индивидуальной опалубки, изготавливаемой и устанавливаемой по месту.

Технико-экономическую оценку опалубок и сравнение их вариантов производят по следующим показателям (характеристикам):

- приведенной массе ($\text{кг}/\text{м}^2$) – массе всех элементов, входящих в комплект опалубки (щитов, креплений, поддерживающих и вспомогательных устройств), отнесенной на 1 м^2 опалубливаемой поверхности;

- проектной оборачиваемости (в циклах) – это число циклов (захваток) использования опалубки до полного ее износа;

- удельной первоначальной стоимости ($\text{руб.}/\text{м}^2$) – стоимости изготовления (отпускная цена) комплекта опалубки, отнесенной на 1 м^2 опалубливаемой поверхности;

- удельной трудоемкости монтажа и демонтажа ($\text{чел.}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) – это затраты труда на установку опалубки в проектное положение и ее закрепление, или при распалубке, отнесенные на 1 м^2 опалубливаемой поверхности;

3. ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

Работы по монтажу и демонтажу опалубки называют опалубочными.

Опалубочные работы должны производиться в соответствии с требованиями действующих ТНПА, ТКП 45-1.03-314-2018 [2, 3]. При разработке пособия учтены рекомендации, изложенные в ТКП [4 - 7].

Опалубочные работы должны производиться в соответствии с требованиями действующих ТНПА, а также ТКП 45-1.03-314-2018[2, 3].

Технологический процесс устройства опалубки состоит в следующем. Щиты опалубки устанавливают вручную или краном и закрепляют в проектное положение. После бетонирования и достижения бетоном прочности, допускающей распалубливание, опалубочные и поддерживающие устройства снимают и переставляют на новую позицию.

Опалубочные работы следует выполнять по технологическим картам на опалубочные работы, являющимися частью проекта производства работ (ППР). В технологических картах опалубка должна быть разработана таким образом, чтобы бетонные конструкции стен, перекрытий и других элементов соответствовали проектным размерам, форме, высоте и расположению в пределах установленных допусков. Опалубка должна выдерживать все вертикальные и горизонтальные нагрузки до набора

бетоном заданной в проектной документации прочности. Сама опалубка и ее опорная система должны обладать необходимой прочностью и устойчивостью для этих целей.

Размеры опалубки назначаются из условия применения оптимального количества типоразмеров основных и доборных элементов. Размеры основных формообразующих элементов опалубки должны быть, как правило, кратными 3М, доборных элементов – 3М; 1,5М и 1М.

3.1 Подготовительные работы.

При транспортировании, складировании и монтаже опалубка и ее элементы должны обладать прочностью, жесткостью, неизменяемостью формы и устойчивостью в рабочем положении.

На строительные объекты опалубки поставляют в виде комплектов, в которые входит набор щитов, элементы креплений, поддерживающие и вспомогательные устройства. Комплект опалубки должен обеспечивать возведение зданий в заданные сроки. На каждый комплект опалубки завод-изготовитель выдает технический паспорт, в котором отражается назначение опалубки ее основные характеристики, приводится спецификация основных элементов.

До начала монтажа опалубки должны быть выполнены арматурные работы. Устанавливать опалубку можно двумя способами: арматура ставится в виде жестких сварных каркасов до монтажа короба или опалубка монтируется до установки арматуры. Для образования защитного слоя между арматурой и опалубкой должны быть установлены пластмассовые фиксаторы. Например, для колонн, для точной установки опалубки по осям применяют арматурные фиксаторы-ограничители, привариваемые к арматуре колонн. Арматурные анкера ($\varnothing 12$ S400) и арматурные фиксаторы-ограничители ($\varnothing 10$ S240) опалубки колонн, длина которых определяется поперечным сечением колонны, заготавливают на приобъектном арматурном участке. Схема установки фиксаторов защитного слоя арматуры и арматурных фиксаторов-ограничителей представлена на рисунке 3.1.

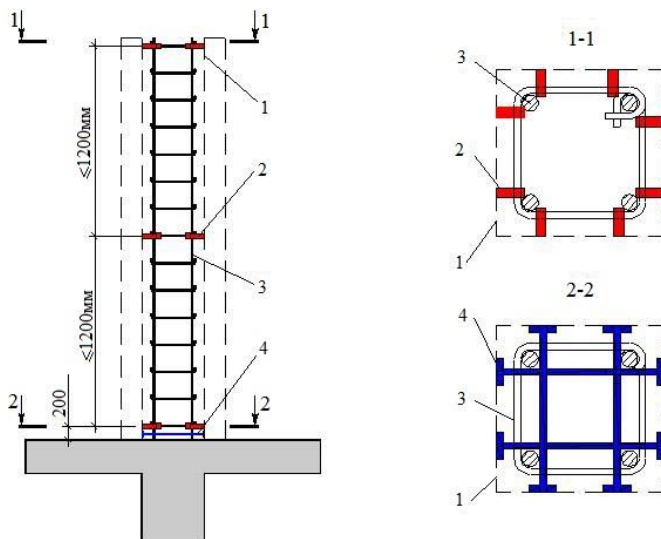


Рисунок 3.1 – Схема установки фиксаторов защитного слоя арматуры
 1 – контур устанавливаемой опалубки; 2 – пластмассовый фиксатор защитного слоя арматуры; 3 – арматурный каркас; 4 – арматурный фиксатор-ограничитель

3.2 Монтаж и демонтаж опалубки

Укрупнительную сборку и монтаж опалубки выполняют механизированным способом, для чего на строительной площадке предусматривают специальные площадки (приложение В). Опалубку нетиповых конструкций при массе элементов не более 50 кг разрешается монтировать вручную. Опалубка должна монтироваться и демонтироваться крупноформатными панелями краном.

Перед повторным использованием элементы опалубки осматривают, очищают от остатков бетона, при необходимости ремонтируют и смазывают палубу. Рабочую поверхность опалубки перед укладкой бетонной смеси смазывают специальными составами (например, эмульсол), уменьшающих ее сцепление с бетоном.

Смонтированная опалубка должна отвечать следующим требованиям:

- соответствие форм и геометрических размеров опалубки рабочим чертежам;
- совпадение осей опалубки с разбивочными осями конструкций или сооружений;

- точность отметок отдельных опалубочных плоскостей или выносок на опалубочных плоскостях;
- вертикальность и горизонтальность опалубочных плоскостей;
- правильность установки проеомообразователей, закладных деталей, пробок и т. п.;
- правильность установки замков, раскосов и тяжей;
- плотность стыков и сопряжений элементов опалубки с ранее уложенным бетоном;
- правильность устройства отсекаелей в рабочих швах [1].

Процесс монтажа опалубки (на примере монтажа опалубки стен) заключается в следующем:

- наносятся разметочные линии и оси стен для установки щитов и панелей.
- комплекуются панели щитов опалубки с установкой закладных деталей.
- устанавливаются панели щитов опалубки вдоль разметочной линии по одну сторону от оси стены и соединяется между собой крепежными системами(струбцинами, болтами и пр.)
- устанавливаются проеомообразователи и фиксаторы толщины стен.
- устанавливаются панели щитов вдоль разметочной линии по другую сторону от оси стены и соединяются между собой крепежными системами.
- устанавливаются щиты торцов стен и все скрепляется стяжными болтами (при этом устанавливают заранее приготовленные армокаркасы в местах разметки и соединяют их между собой с помощью сварки или вязки проволокой).

Для восприятия бокового давления от свежееуложенной бетонной смеси применяют внутренние крепления из проволочных стяжек, соединяющих противоположные стены опалубки.

Устройство опалубки стен. Для возведения стен используют, как правило, крупнощитовую инвентарную опалубку. Опалубку собирают в панель на всю ширину стены. При возведении стен значительной протяженности используют несколько панелей опалубки. Монтаж опалубки начинают с угловых щитов, которые служат маячными. Их устанавливают в строгом соответствии с разбивочными осями и маяками и укрепляют временно распорками и раскосами. В вертикальной плоскости щиты выставляют с помощью винтовых домкратов. К маячным щитам последовательно по длине стены наращивают остальные. Устойчивость опалубочных панелей обеспечивают инвентарными подкосами и расчалками (см. Приложение А). При возведении стен высотой более 3,6 м опалубку устанавливают в несколько ярусов.

При возведении монолитных каркасных зданий широко применяется в Республике Беларусь опалубочная система «МОДОСТР» (рисунок 3.2) [4].

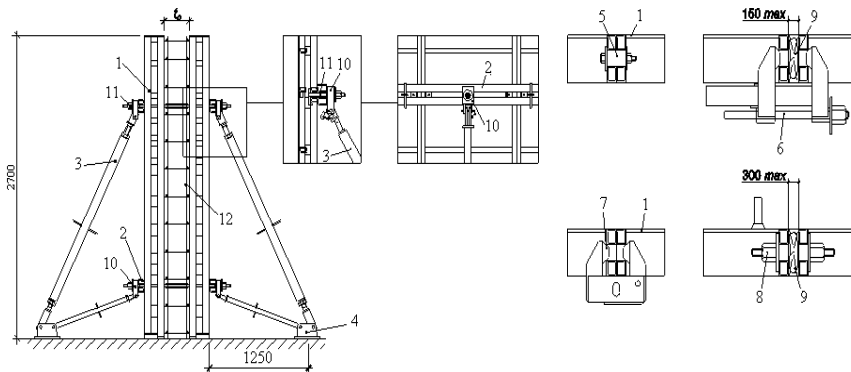


Рисунок 3.2 – Схема каркасной опалубки для стен системы «МОДОСТР»

1 – щит; 2 – выравнивающая балка; 3 – регулируемый подкос; 4 – подпятник; 5 – замок-сухарь; 6 – регулируемый замок; 7 – замок-зажим; 8 – винтовой замок; 9 – деревянная вставка; 10 – элемент крепления регулируемого подкоса; 11 – винт элемента крепления с гайкой; 12 – арматурный каркас

Процессу монтажа предшествует расчет элементов опалубки для монолитного строительства – фундамента, стен, перекрытий, внутренних перегородок и др.. Разбивка на опалубочные панели, схема их сборки и установки разрабатываются в технологических картах на опалубочные работы, предусматривающие рациональную расстановку щитов в панели, возможность многократной перестановки собранных панелей по захваткам и с этажа на этаж (см.рисунок 3.3).

Установку собранных панелей в проектное положение следует осуществлять краном с помощью монтажных захватов. Строповку производят в местах стыка щитов панели таким образом, чтобы обеспечить симметрию строповки при угле 60° между ветвями стропа не более 60° [6].

Монтаж опалубки начинают с монтажа панелей в углах стен. После установки панели в проектное положение ее закрепляют не менее чем двумя регулируемы подкосами с заанкерованными подпятниками, что обеспечивает устойчивость всей системы от опрокидывания. Расстроповка панели производится только после закрепления подкосов. При подаче панелей краном необходимо обеспечить их подъем без вращения и колебания.

Установку и вязку арматуры производят после монтажа одной плоскости опалубки. Допускается производить арматурные работы до монтажа опалубки. После монтажа и закрепления проемобразователей

устанавливают тязи, одевают на них защитные трубки и наконечники. Недействованные отверстия под тязи в щитах следует заглушить пластмассовыми пробками, поставляемыми в комплекте с опалубкой. Панели и щиты противоположной плоскости стены подводят вплотную к фиксаторам. В отверстия щитов вставляют тязи и закрепляют их гайками. Расстроповка производится только после надежного закрепления щитов тязями.

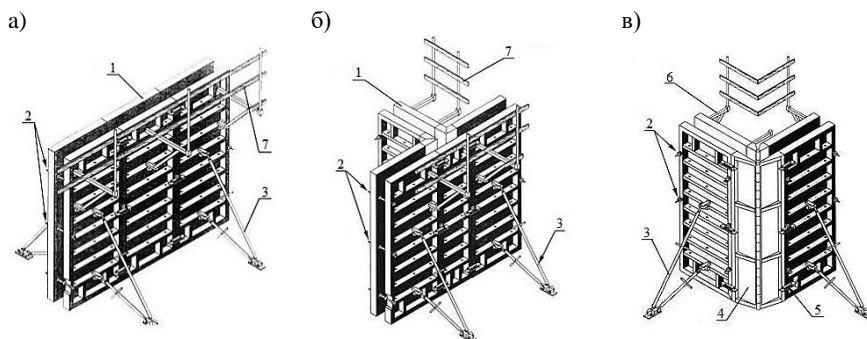


Рисунок 3.3 – Схемы установки съемной щитовой опалубки для стен различной конфигурации:

- а – для внутренних стен; б – для Т-образных участков стен; в – для угловых участков стен;
 1 – щит; 2 – стяжка винтовая; 3 – подкос; 4 – шарнирный щит; 5 – замок;
 6 – кронштейн подмостей; 7 – ограждение

Схемы устройства опалубок для различных участков стен (Т-образного участка и прямых углов стен; примыкания стен под тупым и острым углом; стены ступенчатого очертания) приведены в Приложении Г.

Мелкощитовая опалубка МОДОСТР-КОМБИ является универсальной опалубкой для стен и других конструкций [4]. Монтируют опалубку вручную или краном. Основными элементами опалубки являются базовые щиты высотой 2500 и 2700 мм при ширине от 100 до 600 мм с модулем 50 мм. При этом охватывается практически весь диапазон размеров реальных конструкций. Доборные щиты выполнены двух типоразмеров по высоте 1200 и 1500 мм при ширине от 100 до 900 мм. Щит состоит из стального каркаса и нашивной палубы из водостойкой ламинированной фанеры.

Комплект опалубки включает также угловые элементы, шарнирные углы, компенсаторы, выравнивающие балки, крепежные элементы, замки, тязи. Технические параметры опалубки приведены в таблице [4].

Устройство опалубки при возведении перекрытий. Технология устройства опалубки перекрытий зависит от конструктивной схемы здания, типа перекрытия и имеющихся в наличии технических средств.

Опалубка перекрытия на основе телескопических стоек и опорных башен применяется для перекрытий различной конфигурации в плане. Опалубку монтируют согласно статическому расчету.

Система опалубки на основе телескопических стоек состоит из следующих основных элементов, представленных на рисунке 3.4.

Телескопическая стойка воспринимает все вертикальные нагрузки от укладываемой бетонной смеси, веса опалубки и технологического оборудования, а также все динамические нагрузки (см. Приложение А). Применяются телескопические стойки двух видов: с плоским и U-образным оголовком. Съемный оголовок насаживается на телескопическую стойку с плоским оголовком, его используют в местах стыка балок. Для фиксации телескопической стойки в вертикальном положении при монтаже используют треноги.

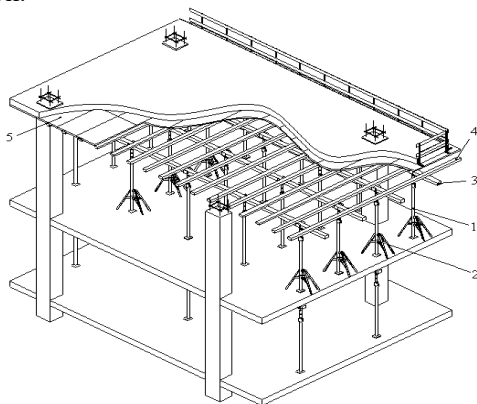


Рисунок 3.4 – Схема опалубки перекрытия на основе телескопических стоек:
1 – телескопическая стойка; 2 – тренога; 3 – несущая балка;
4 – распределительная балка; 5 – палуба

Монтаж опалубки перекрытия на основе телескопических стоек производится в следующей последовательности:

- телескопические стойки закрепляют в треногах (при этом монтируют только по две крайние стойки под несущие балки);
- несущие балки укладывают в оголовки стоек (шаг укладки несущих и распределительных балок определяется технологическим расчетом в зависимости от толщины перекрытия и применяемого типа опалубки);
- под несущие балки устанавливаются промежуточные стойки без треног;
- укладывают распределительные балки;
- укладывают и закрепляют листы фанеры по распределительным балкам (стык листов фанеры должен приходиться на распределительную балку);

- бортовые упоры со стойками ограждения крепят гвоздями к палубе по контуру монолитного перекрытия;
- выверку опалубки по проектным отметкам рекомендуется производить с помощью геодезических приборов путем регулирования высоты каждой стойки после завершения укладки несущих балок; далее монтаж распределительных балок и фанеры обеспечивает получение проектных отметок низа плиты перекрытия;
- покрывают палубу антиадгезионными смазками.

При высоте опорной системы до 3,5 м возможно применение отдельно стоящих телескопических стоек с треногами или опорных башен. При большей высоте рекомендуется применять опорные башни. Технология монтажа опалубки перекрытия с применением опорных башен принципиально не отличается от вышеизложенной [4].

С целью повышения безопасности работ на стадии монтажа опалубки рекомендуется применять опалубку перекрытия на основе опорных башен (рисунок 3.5). Опорные башни состоят из телескопических стоек, объединенных системой раскосов, что придает им пространственную устойчивость. Монтаж и демонтаж опорных башен можно производить вручную или краном. В этой опорной системе не применяются треноги. Опорные башни системы «МОДОСТР» изображены на рисунке 3.6. Отдельная телескопическая стойка или опорная башня может применяться в качестве страховочного элемента при распалубке монолитного перекрытия. Допускается применять комбинированный вариант опорной системы опалубки – с использованием опорных башен и отдельных телескопических стоек.

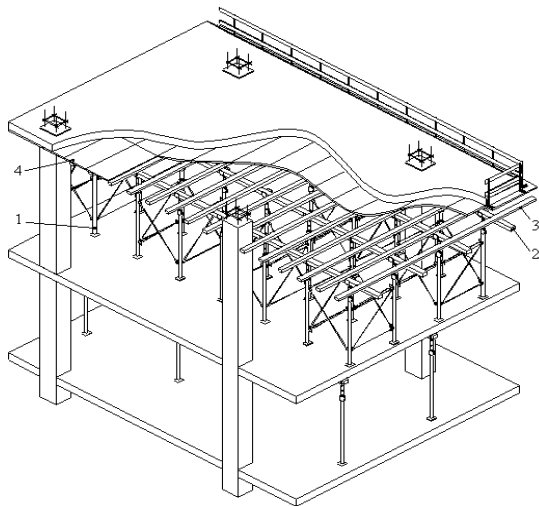


Рисунок 3.5 – Схема опалубки перекрытия на основе опорных башен:

1 – опорная башня; 2 – несущая балка; 3 – распределительная балка; 4 – палуба

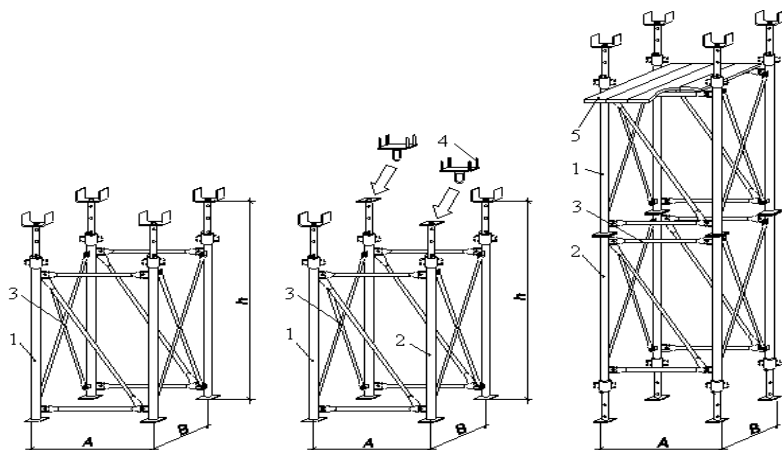


Рисунок 3.6 – Схема опорных башен системы «МОДОСТР»:

1 – телескопическая стойка с U-образным оголовком; 2 – телескопическая стойка с плоским оголовком; 3 – раскос; 4 – съемный оголовок; 5 – настил

Для ускорения возведения многоэтажных зданий с монолитными перекрытиями рекомендуется применять **каскадную технологию** [4]. Суть ее заключается в том, что после бетонирования перекрытия и набора бетоном минимальной прочности от 2 до 3 МПа приступают к монтажу опалубки вышележащего перекрытия. После набора нижележащим перекрытием распалубочной прочности приступают к бетонированию вышележащего (при этом опалубку под нижележащим перекрытием не снимают).

Каскадная технология предусматривает также многоуровневую систему подпорок или страховочных подпорок для обеспечения распределения технологических нагрузок на нижние ярусы с учетом набранной ими прочности. Последовательность установки и снятия страховочных подпорок и подпорок, схемы их расположения должны быть заранее спланированы таким образом, чтобы не перегружать нижележащие перекрытия собственным весом вышерасположенной плиты и технологическими нагрузками. Запрещается устанавливать страховочные подпорки таким образом, чтобы изменять расчетную схему плиты или вызывать растягивающие напряжения в плите там, где нет или недостаточно арматуры. Демонтировать подпорки или страховочные подпорки допускается тогда, когда монолитная плита, которую они подпирают, будет

способна воспринимать все нагрузки. При этом необходимо исключить передачу на плиту ударных нагрузок [4].

В курсовом проектировании, при разработке технологии опалубочных работ, следует приводить схемы расстановки телескопических стоек, опорных башен, укладки балок и применяемые их типоразмеры, а также рациональные схемы раскладки и раскроя фанеры и установки бортовой опалубки (приводятся в типовых технологических картах на устройство разных монолитных конструкций).

Схема и последовательность устройства опалубки лестничного марша приведена в приложении Д, **балок и прогонов** - в приложении Е.

Устройство опалубки ступенчатых и ленточных фундаментов. Ступенчатые фундаменты объемом не более 1,5...2 м³ могут бетонироваться в деревянной опалубке. Для фундаментов большего объема используют инвентарную щитовую металлическую опалубку. В этом случае возможны два варианта производства работ: опалубку собирают непосредственно на месте положения фундамента или на специальной площадке в непосредственной близости от места установки. Готовый блок подают в проектное положение краном.

Укрупнительную сборку опалубки фундаментов производят на специальной площадке, находящейся в зоне действия крана (рисунок 3.7).

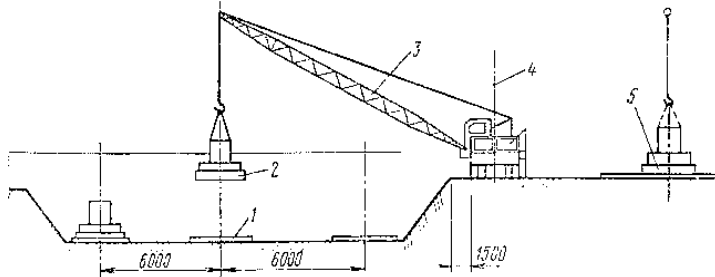


Рисунок 3.7 - Монтаж опалубочных блоков фундаментов:

- 1 – бетонная подготовка основания фундаментов; 2 – опалубочный блок; 3 – кран;
- 4 – ось движения крана; 5 – площадка для укрупнительной сборки опалубочных блоков

Опалубку ленточного фундамента выполняют в двух вариантах: со ступенчатым уширением книзу и сплошного прямоугольного сечения. Для опалубки используют мелко- и крупноразмерные щиты, прогоны, схватки и крепежные детали.

В строительстве применяется **разборно-переставная опалубка**, которую собирают из готовых элементов – щитов, коробов, снимаемых с формуемых изделий после достижения бетоном прочности, допускающей распалубливание. Для изготовления опалубки применяют мелкие, крупные и унифицированные щиты. Для восприятия бокового давления от

свежеуложенной бетонной смеси делают внутренние крепления из проволочных стяжек, соединяющих противоположные стены опалубки. Во всех щитах опалубки стороны, примыкающие к бетону, должны быть гладко обработаны. Устанавливать опалубку можно двумя способами: до монтажа короба ставится арматура в виде жестких сварных каркасов или опалубка монтируется до установки арматуры. Схема и последовательность устройства опалубки ленточного фундамента приведена в Приложении Ж. До установки опалубки производится геодезическая разбивка осей и закрепление отметок строящихся зданий. Схемы устройства опалубки прямоугольных и ступенчатых фундаментов под колонны представлены в приложении Ж.

Сборку опалубки **массивного ступенчатого фундамента** начинают с установки монтажных уголков и угловых щитов (рисунок 3.8).

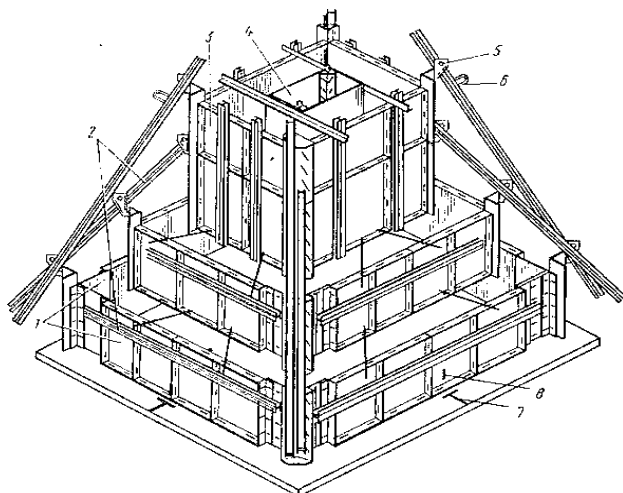


Рисунок 3.8 - Пример компоновки блока опалубки ступенчатого фундамента:

1 – угловые щиты опалубки; 2 – схватки; 3 – опалубка верхней ступени; 4 – стаканообразователь; 5 – флажки; 6 – монтажные петли; 7, 8 – установочные риски на бетонной подготовке и нижней ступени щитов

Щиты крепят к нижним схваткам натяжными струбинами, а между собой – пружинными скобами. Затем на щиты опалубки подколонника навешивают схватки второго яруса. При высоте подколонника более 1800 мм опалубку составляют из двух или более ярусов щитов. На верхнем коробе устанавливают и закрепляют опалубку стакана или кондукторы для анкерных болтов. Работы по монтажу опалубки выполняет звено из двух человек. Разбирают опалубку в обратной последовательности. Для массивных фундаментов подколонник устраивают после бетонирования ступеней, а для легких – одновременно с опалубкой ступеней. Щиты опалубки крепят к угловым элементам в одном или двух ярусах.

Увеличивают устойчивость опалубки схватками, объединяющими оба яруса щитов. Стаканообразователь располагают на специальных монтажных элементах, которые устанавливают на кромки верхних щитов и болтами крепляют с ними.

Устройство опалубки при возведении колонн. При разработке технологии опалубочных работ следует учитывать повышенное давление бетонной смеси на опалубку. Учитывая, что колонны бетонируют в большинстве случаев на всю высоту, рекомендуется применять опалубку колонн с допустимым боковым давлением бетонной смеси не менее 70 кПа. При установке опалубки колонн предусматривается дополнительное крепление хомутами. Хомуты воспринимают горизонтальное давление смеси и тем самым предохраняют щиты от деформации. Ветви хомутов соединяют шарнирно, что позволяет быстро их устанавливать и снимать. При возведении колонн высотой менее 3 м целесообразно использовать инвентарную щитовую опалубку на полную высоту, которая не требует навески хомутов, так как снабжена поперечными ребрами, воспринимающими боковое давление бетонной смеси. При высоте колонн более 3 м и при густом армировании в одном из щитов второго яруса делают окно, через которое подают бетонную смесь, укладывают и уплотняют вибрированием. Затем окно закрывают специальной заслонкой, а дальнейшее бетонирование выполняют через верхнюю часть опалубки [1]. При наличии на строящемся объекте мелкощитовой опалубки возможно устройство опалубки прямоугольных колонн щитами соответствующих размеров. Технология устройства щитовой опалубки колонн приведена в приложении И.

Схема устройства опалубки колонн из щитов МОДОСТР-КОМБИ приведена на рисунке 3.9. Щиты объединены угловыми элементами и замками в неразъемные блоки. В двух взаимно перпендикулярных плоскостях устанавливают регулируемые подкосы с подпятниками. Крепление подпятников к перекрытию производят анкерами [4].

Устройство опалубки колонн широкого сечения следует производить по технологии устройства опалубки стен. При этом применяют выравнивающие балки и тяжи. Схема устройства опалубки прямоугольных колонн широкого сечения приведена на рисунке 3.10.

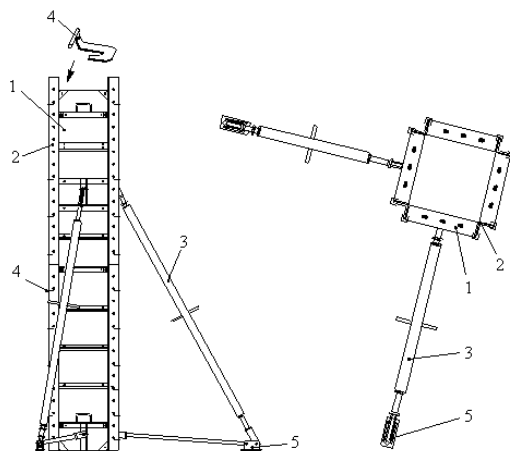


Рисунок 3.9 – Схема устройства опалубки прямоугольных колонн:
1 – шит; 2 – наружный угол; 3 – регулируемый подкос; 4 – замок; 5 – подпятник

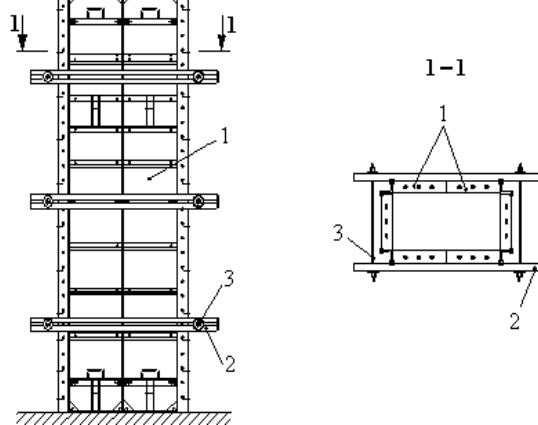


Рисунок 3.10 – Опалубка прямоугольных колонн широкого сечения:
1 – шит; 2 – выравнивающая балка; 3 – винтовой тязь

Схема устройства опалубки круглых колонн приведена в приложении И **Демонтаж опалубки**. Демонтаж опалубки производится только при достижении бетоном распалубочной прочности способом, исключающим дефектность конструкций.

Допустимая прочность бетона при распалубке должны соответствовать требованиям, приведённым в таблице 3.1.

Допустимая прочность бетона при распалубке могут быть дополнительно указаны в ППР и могут отличаться от требований,

изложенных в таблице 3.1, при условии соответствующего обоснования и обеспечения заданных показателей бетонных конструкций, удовлетворяющих требованиям проектной документации [2].

Установка опалубки и наблюдение за ней до демонтажа должны сопровождаться геодезическим контролем. Установленная опалубка должна быть принята по акту согласно ТКП 45-1.03-26.

Монтаж и демонтаж опалубки при скорости ветра более 15 м/с и применение элементов опорной системы опалубки с дефектами и повреждениями не допускаются.

Демонтаж опалубки монолитных конструкций производят согласно технологической документации в последовательности обратной монтажу опалубки. Пример последовательности демонтажа:

- отвинчиваются регулировочные муфты телескопических стоек и опускаются верхние выдвигаемые части на 40–80 мм;
- отрываются распределительные балки от фанеры;
- отрывается фанера от бетона;
- снимается поочередно фанера, балки, стойки и треноги;
- опалубочные элементы перевозятся на тележке или переносятся вручную в зону действия крана и подаются на новую захватку.

Решение о распалубке следует принимать по результатам испытаний контрольных образцов или по результатам определения прочности забетонированной конструкции неразрушающими методами [2].

Демонтаж опалубки бетонных и железобетонных конструкций производится при достижении бетоном распалубочной прочности способом, исключающим образование дефектов в конструкции, только после ее предварительного отрыва от бетона. ***Отрыв опалубочных панелей от бетона монтажным краном запрещается.*** Распалубливание конструкций должно выполняться осторожно, чтобы избежать повреждения бетона и обеспечить сохранность опалубки для последующего использования. Крупнощитовая, блочная, объемно-переставная и горизонтально-перемещаемая опалубки должны иметь устройства для предварительного отделения их от поверхности забетонированных конструкций. Крупнощитовую опалубку массивов, стен и фундаментов снимают кранами, щиты опалубки предварительно отрывают от забетонированной поверхности с помощью рычажных приспособлений.

Таблица 3.1 – Минимальная прочность бетона при распалубке

Наименование показателя качества	Значение
----------------------------------	----------

Минимальная прочность бетона нагруженных монолитных конструкций при распалубке: вертикальных горизонтальных и наклонных при пролёте, м: до 2 включ. св. 2 “ 6 “ “ 6	0,2 – 0,3 Мпа 50% проектной 70% “ 80% “
Минимальная прочность бетона при распалубке горизонтальных поверхностей с применением страховочных стоек при пролёте до 6 м	50% - 60% (в соответствии с проектной документацией)
Минимальная прочность бетона при распалубке загруженных конструкций, в том числе от вышележащего бетона	Определяется ППР по согласованию с проектной организацией

Минимальная прочность бетона при распалубке незагруженных монолитных горизонтальных и наклонных конструкций может составлять 50% -80% от проектной. Минимальная прочность бетона при распалубке загруженных конструкций, в том числе от вышележащего бетона определяется проектом производства работ по согласованию с проектной организацией.

Удалению несущей опалубки должно предшествовать плавное и равномерное опускание (раскружаливание) поддерживающих конструкций – лесов или подмостей. Для этого опускают опорные домкраты или ослабляют парные клинья. Запрещается рубить или спиливать нагруженные стойки. Опоры, поддерживающие опалубку балок, прогонов, ригелей опускают одновременно по всей длине элемента.

Для междуэтажных перекрытий опорные стойки, поддерживающие опалубку и находящиеся непосредственно под этими перекрытиями удалять не разрешается. Допускается частичное удаление стоек нижележащего перекрытия. Под всеми балками и прогонами нижележащего перекрытия пролетом 4 м и более рекомендуется оставлять несущие стойки (стойки безопасности) на расстоянии одна от другой не более 3 м. Опорные стойки остальных нижележащих перекрытий разрешается удалять полностью лишь при достижении бетоном проектной прочности.

При снятии опалубки не должно возникать избыточных деформаций, превышающих допустимые, и существенных повреждений бетона. Пролетные конструкции начинают распалубливать с середины пролета, что обеспечивает прогибание плиты и равномерную передачу нагрузок согласно статическому расчету. При неправильной последовательности снятия опалубки может вызвать перенапряжение среднего пролета (рисунок 3.11).

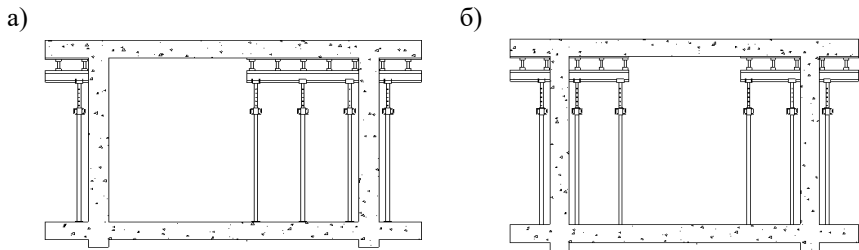


Рисунок 3.11 – Последовательность распалубки монолитной плиты перекрытия:
а – неправильно; б – правильно

Технология ранней распалубки монолитных перекрытий предусматривает снятие опалубки при прочности бетона от 50 % до 60 % от проектной с одновременным переопиранием плиты страховочными подпорками на нижний ярус. В качестве страховочных подпорок применяют отдельные телескопические стойки или опорные башни. Схема установки страховочных подпорок и подпорок представлена на рисунке 3.12.

Опорная система опалубки с уложенным бетоном должна поддерживаться нижележащим перекрытием, которое обязательно должно само или совместно с системой подпорок или страховочных подпорок нести передаваемые на него нагрузки. При недостаточной несущей способности нижерасположенной монолитной плиты производят ее переопирание страховочными подпорками на достаточное количество этажей, чтобы обеспечить выдерживание дополнительных технологических нагрузок.

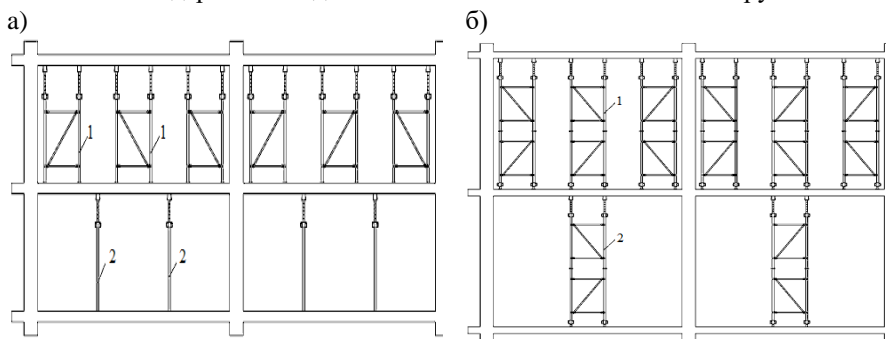


Рисунок 3.12 — Схема установки страховочных подпорок и подпорок:
а — из телескопических стоек; б — из опорных башен;
1 — страховочная подпорка; 2 — подпорка

4 ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ЗИМНЕМ БЕТОНИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ

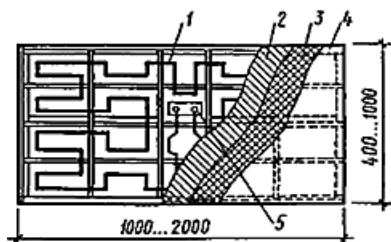
Производство опалубочных работ и бетонирование монолитных конструкций при отрицательных температурах воздуха осуществляется с учетом требований ТКП 45-1.03-314-2018 [2]. При отрицательных температурах воздуха следует применять утепленную опалубку (при бетонировании по методу «термоса»), термоактивную опалубку, греющую. Применяют также термореактивные опалубочные щиты на основе разборно-переставной опалубки, при использовании которых наряду с формованием можно производить тепловую обработку свежеложенной бетонной смеси (электрообогрев).

Термоактивной называют опалубку, металлические щиты которой оснащены электрическими нагревательными элементами и утеплены (рисунок 4.1).

Производство бетонных работ при ожидаемой средней суточной температуре ниже $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ минимальный суточный температуре ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (зимние условия) осуществляются в соответствии технической документации с проведением мероприятий, обеспечивающих набор прочности бетона[2].

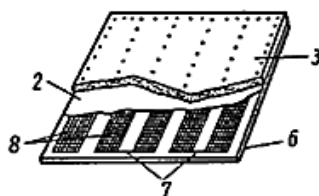
Типы опалубки для зимнего бетонирования и способы выдерживания бетона монолитных конструкций в зависимости от температурных условий и вида конструкций приведён в таблице 4.1

а)



в)

б)



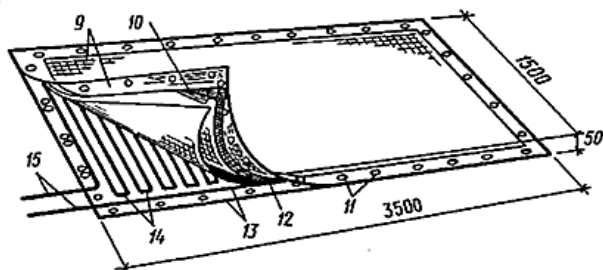


Рисунок 4.1 — Схема термоактивной опалубки:

- а — термоактивная опалубка с греющим кабелем; б — то же, с сетчатыми нагревателями;
 в — термоактивное гибкое покрытие с греющими проводами; 1 — греющий кабель;
 2 — асбестовый лист; 3 — минеральная вата; 4 — защитный стальной лист; 5 — клемма;
 6 — палуба из фанеры; 7 — разводящие шины; 8 — сетчатые нагреватели;
 9 — защитный чехол; 10 — алюминиевая фольга; 11 — отверстия для крепления покрытия;
 12 — утеплитель; 13 — листовая резина; 14 — греющий провод; 15 — коммутационные выводы

При выдерживании бетона методом термоса в качестве утеплителя опалубки и бетона используются минераловатные плиты и маты, плиты из пенополистирола, опилки, шлак. Снаружи, а также между утеплителем и паропроницаемой опалубкой устраивают пароизоляцию из рулонных материалов или пленки.

Сущность выдерживания бетона методом термоса состоит в наборе уложенным бетоном критической прочности за счет тепла, введенного в бетонную смесь до укладки в конструкцию, а также тепла, выделяемого цементом в процессе его экзотермической реакции с водой при остывании бетона от начальной до конечной температуры (рисунок 4.2).

Критической R_k называют прочность, выраженную в % от R_{28} . Если бетон, перед замерзанием набрал критическую прочность, то его замораживание не приводит к снижению прочности и других показателей в процессе твердения после оттаивания.

Для снижения теплопотерь все охлаждаемые поверхности бетона укрывают теплоизоляционными материалами. Величины теплофизических характеристик строительных и теплоизоляционных материалов приведены в таблице 4.1.

Таблице 4.1 – Типы опалубки и способы выдерживания бетона для зимних условий

Вид конструкций	Минимальная температура воздуха, °C, до	Типы опалубки и способы выдерживания
Массивные бетонные и	-15	Термос

Вид конструкций	Минимальная температура воздуха, °С, до	Типы опалубки и способы выдерживания
железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3 м^{-1}	-25	Термос с примененном ускорителей твердения бетона Термос с применением противоморозных добавок
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т. п. с модулем поверхности от 3 до 6 м^{-1}	-15 -25	Термос, о том число с применением противоморозных добавок и ускорителей твердения Обогрев в греющей опалубкой Предварительный разогрев бетонной смеси Периферийный электропрогрев
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены и перекрытия с модулем поверхности от 6 до 10 м^{-1}	-15	Обогрев в греющей опалубке, греющими проводами с применением ускорителей твердения Предварительный разогрев фотонной смеси, индукционный обогрев и инфракрасный нагрев
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены и перекрытия с модулем поверхности от 6 до 10 м^{-1}	-25	Обогрев в греющей опалубкой. греющими проводами и ТАГП с примененном противоморозных добавок и ускорителей твердения
Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности от 10 до 20 м^{-1}	-25	Обогрев в греющей опалубке, греющими проводами и ТАГП с применением противоморозных добавок и ускорителей твердения
Примечание — Противоморозные добавки, как правило, следует применять а комплексе с пластифицирующими добавками.		

Метод термоса с утепленной опалубкой рекомендуется использовать при возведении конструкций с модулем поверхности $M_n \leq 8$, а также при необходимости обеспечения высокой морозостойкости, водонепроницаемости и трещиностойкости бетона.

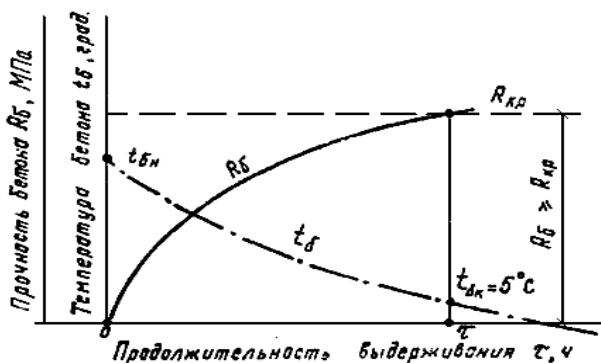
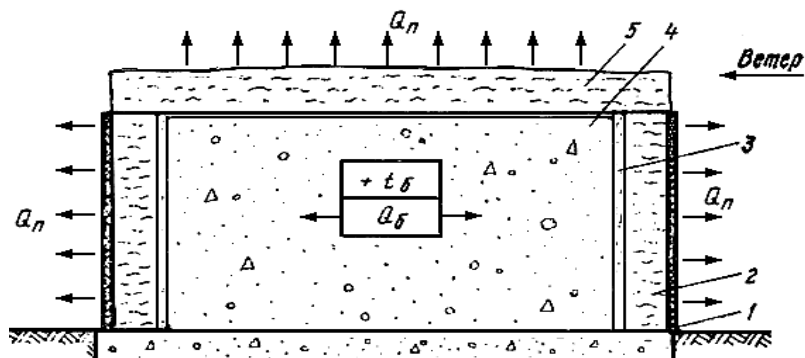


Рисунок 4.2 - Принципиальная схема выдерживания бетона методом термоса
 а - схема перераспределения тепла; б - график изменения температуры и нарастания прочности бетона: 1 - паро-воздухонепроницаемый слой; 2 - прослойка утеплителя; 3 - обшивка опалубки; 4 - бетон; 5 - теплоизолирующий слой на открытой грани конструкции

Расчет параметров выдерживания бетона методом термоса включает последовательное решение задач: определение необходимой температуры укладываемой бетонной смеси, определение параметров утепления бетона при его выдерживании (толщины утеплителя, времени выдерживания).

Температура бетонной смеси на выходе из бетоносмесителя должна составлять не более 35°C (в зависимости от вида цемента) [7]. Подогрев воды производится до температуры не более 80°C (в зависимости от вида цемента). Цемент вводится в бетоносмеситель без подогрева.

Методика зимнего монолитного и приобъектного бетонирования и технологических расчётов приведены в литературе [7, 15]

Таблица 4.2 - Величины теплофизических характеристик строительных и теплоизоляционных материалов

№ п/п	Материал	Плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Расчетная величина коэффициента теплопроводности, Вт/(м·°С)	Удельная теплоемкость С, кДж/(кг·°С)
1	Железобетон (W ₆ =3%)	2500	2,03	0,84
2	Бетон (W ₆ =3%)	2200...2400	1,86	0,84
3	Бетон влажный	2400	2,05	1,05
4	Керамзитобетон (W ₆ =10%)	1600	0,75	0,84
		600	0,23	0,84
5	Шлак	600	0,29	0,75
6	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом связующем (W ₆ =3%)			0,76
		100	0,052	0,76
		175	0,06	
7	Маты минераловатные прошивные	100	0,048	0,076
8	Древесина (поперек вол.) - хвойные породы - лиственные породы			
		500	0,17	2,52
		700	0,23	2,52
9	Фанера клееная (W ₆ =13%)	600	0,17	2,52
10	Плиты ДВП и ДСП (W ₆ =12%)	200; 400; 600; 1000	0,08; 0,14; 0,16; 0,29	2,1
11	Пенопласт плиточный	100; 150; 200	0,043; 0,049; 0,06	1,34
12	Опилки	250	0,24	1,8

4.1 Проектирование утепленной опалубки и расчет параметров твердения бетона методом термоса

Проектирование утепленной опалубки при бетонировании по методу термоса представлено ниже по методике, изложенной в [7].

Порядок расчета. Устанавливают расчетное значение критической прочности бетона, которое должно быть не ниже требований, изложенных в таблице 4.3, и соответствовать требованиям проектной документации к распалубочной прочности бетона конструкции.

Таблица 4.3 — Требования к производству бетонных работ

Наименование показателей, технические требования	Значение показателей, единицы измерения
<p>1 Прочность бетона монолитных и сборно-монолитных конструкций к моменту замерзания (критическая прочность)</p> <p>1.1 Для бетона без противоморозных добавок: конструкций, эксплуатирующихся внутри зданий, фундаментов под оборудование, не подвергающихся динамическим воздействиям, подземных конструкций конструкций, подвергающихся атмосферным воздействиям в процессе эксплуатации, для классов прочности на С8/10 от С12/15 до С20/25 С25/30 и выше</p> <p>конструкций, подвергающихся по окончании выдерживания переменному замораживанию и оттаиванию в водо- насыщенном состоянии или к бетону которых предъявляют требования по водонепроницаемости более W4</p> <p>в преднапряженных конструкциях</p>	<p>Не менее 5 МПа % от проектной прочности, не менее</p> <p>50 40 30</p> <p>70 80</p>
<p>1.2 Для бетона с противоморозными добавками</p>	<p>К моменту охлаждения бетона до температуры, на которую рассчитано количество добавок, — не менее 20 % от проектной</p>
<p>2 Загружение конструкций расчетной нагрузкой допускается после достижения бетоном прочности</p>	<p>Не менее проектной</p>

Наименование показателей, технические требования	Значение показателей, единицы измерения
3 Температура воды и бетонной смеси на выходе из смесителя, приготовленной: на поргланцементе, шлакопортландцементе, пуццолановом поргланцементе марок ниже М600 на быстротвердеющем поргланцементе и поргланцементе марки М600 и выше на глиноземистом поргланцементе	°С, не более Воды — 70 Смеси — 35 Воды — 60 Смеси — 30 Воды — 40 Смеси — 25
4 Температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, к началу выдерживания или термообработки: методом термоса с противоморозными добавками при тепловой обработке	Устанавливается расчетом, но не ниже 5°С Не менее чем на 5°С выше температуры замерзания раствора затворения Не ниже 0°С
5 Температура в процессе выдерживания и тепловой обработки для бетона на: поргланцементе шлакопортландцементе	Определяется расчетом, но не выше, °С: 80 90
6 Скорость подъема температуры при тепловой обработке бетона: для конструкций с модулем поверхности, m^{-1} : до 4 от 5 до 10 включ. св. 10 и скользящих опалубок для стыков	°С/ч, не более 5 10 15 20
7 Скорость остывания бетона по окончании тепловой обработки для конструкций с модулем поверхности, m^{-1} : до 4 от 5 до 10 включ. св. 10	Определяется расчетом 5°С/ч 10°С/ч

Наименование показателей, технические требования	Значение показателей, единицы измерения
8 Разность температур наружных слоев бетона и воздуха при распалубке с коэффициентом армирования до 1 % включ., св. 1 до 3 % включ. и более 3 % должна быть, соответственно, для конструкций с модулем поверхности, м ⁻¹ : от 2 до 5 включ. св. 5	°С, не более 20, 30, 40 30, 40, 50

Определяют значение средней температуры бетона за расчетный период твердения, которое обеспечивает достижение требуемой критической прочности бетона, в соответствии с данными таблицы 4.4.

При этом устанавливают рациональное для конкретных условий производства работ соотношение значения средней температуры t_{cp} и продолжительности его выдерживания (остывания) в опалубке $T_{ост}$. Зависимость прочности бетона от возраста и средней температуры его твердения приведена в таблице 4.4

Таблица 4.4 — Зависимость прочности бетона от возраста и средней температуры его твердения

Бетон	Возраст, сут	Прочность бетона, % от проектной, для средней температуры твердения, °С					
		0	5	10	20	30	40
C ^{12/15} –C ^{20/25} на ПЦ 400	1	5	9	12	23	35	45
	2	12	19	25	40	55	65
	3	18	27	37	50	65	77
	5	28	38	50	65	80	90
	7	35	48	58	75	90	100
	14	50	62	72	90	100	—
	28	65	77	85	100	—	—
C ^{25/30} на ПЦ 500	1	8	12	18	28	40	55
	2	16	22	32	50	63	75
	3	22	32	45	60	74	85
	5	32	45	58	74	85	96
	7	40	55	66	82	92	100
	14	57	70	80	92	100	—
	28	70	80	90	100	—	—

Бетон	Возраст, сут	Прочность бетона, % от проектной, для средней температуры твердения, °С					
		0	5	10	20	30	40
C ^{30/37} –C ^{35/45} на ПЦ 600	1	8	13	21	32	45	59
	2	17	25	36	52	65	75
	3	23	35	45	62	75	85
	5	34	47	58	75	83	90
	7	42	57	68	85	90	100
	14	58	73	82	95	100	—
	28	71	83	92	100	—	—
<i>Окончание таблицы 4.4</i>							
C ^{12/15} –C ^{20/25} на ШПЦ 400	1	3	6	10	16	30	40
	2	8	12	18	30	40	60
	3	13	18	25	40	55	70
	5	20	27	35	55	65	85
	7	25	34	43	65	70	100
	14	35	50	60	80	96	—
	28	45	65	80	100	—	—
Керамзитобетон C ^{12/15} на ПЦ 400	1	3	5	10	25	50	61
	2	9	14	24	50	63	75
	3	18	23	37	63	73	85
	7	35	48	58	80	91	97
	28	65	79	63	100	—	—

Рассчитывают температуру предварительного разогрева $t_{\text{раз}}$, °С, бетонной смеси, которая обеспечивает принятую $t_{\text{сп}}$ за планируемый период твердения бетона $\tau_{\text{ост}}$ с учетом снижения температуры при укладке смеси в опалубку и конечной температуры бетона к моменту распалубки, по формуле:

$$t_{\text{раз}} = \frac{(t_{\text{сп}} - t_{\text{бк}}) \cdot (1,03 + 0,181M_{\text{п}})}{1 - 0,006 \cdot (t_{\text{сп}} - t_{\text{бк}})} + t_{\text{укл}}, \quad (4.1)$$

где $M_{\text{п}}$ — модуль теплоотдающей поверхности бетонируемой конструкции, м⁻¹,

$t_{\text{бк}}$ — температура бетона к началу снятия опалубки, °С;

$t_{\text{укл}}$ — снижение температуры при укладке бетонной смеси в опалубку, °С,

Модуль теплоотдающей поверхности бетонируемой конструкции $M_{п}$, м^{-1} , определяют как отношение площади теплоотдающей поверхности конструкции, F_T , м^2 , к объему бетонной конструкции V , м^3 :

$$M_{п} = \frac{F_T}{V}, \quad (4.2)$$

где $M_{п}$ — модуль теплоотдающей поверхности бетонируемой конструкции, м^{-1} ,

F_T — отношение площади теплоотдающей поверхности конструкции, м^2

V — объем бетонной конструкции V , м^3

При расчете F_T не учитывают площадь оснований, отогретых перед укладкой бетона.

Снижение температуры бетона при подаче и укладке смеси в опалубку, включая операции заглаживания, гидро- и теплоизоляции поверхности конструкции, производят в соответствии с разделом 5 [7].

В случае если отогрев арматуры, закладных деталей, опалубки, непучинистого грунтового основания (подготовки) или старого бетона перед укладкой бетонной смеси не производится, определяют температуру разогрева бетонной смеси $t_{раз}$, °C, по формуле (4.3):

$$t_{раз} = \frac{c_6 \rho_6 V_6 t_{раз} - c_{ст} m_{ст} V_6 (t_{сп} - t_{н.в.}) - Q_{оп} - Q_{осн}}{c_6 \rho_6 V_6 + c_{ст} m_{ст} V_6 + \sum_{i=1}^n c_i F_i \delta_i \rho_i + c_{осн} \rho_{осн} V_{осн}} \quad (4.3)$$

где c_6 — удельная теплоемкость уложенного бетона в сухом состоянии;

$c_{ст}$ — удельная теплоемкость стали;

c_i — удельная теплоемкость i -го слоя многослойной опалубки;

$c_{осн}$ — удельная теплоемкость материала основания конструкции, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

ρ_6 — средняя плотность бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V_6 — объем бетона, м^3 ;

$m_{ст}$ — удельный расход арматурной стали, $\text{кг}/\text{м}^3$;

F_i — площадь i -ой части опалубки (теплоотдающей поверхности), м^2 ;

δ_i — толщина i -го слоя опалубки, м ;

ρ_i — плотность i -го слоя опалубки, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$Q_{оп}$ — тепловые затраты на нагрев опалубки, кДж , определяемые по формуле (4.4)

$$Q_{оп} = (t_{сп} - t_{н.в.}) \cdot \sum_{i=1}^n c_i F_i \delta_i \rho_i, \quad (4.4)$$

где $Q_{осн}$ — тепловые затраты на отогрев основания, кДж , определяемые по

формуле(4.5)

$$Q_{\text{осн}} = c_{\text{осн}} \rho_{\text{осн}} V_{\text{осн}} (t_{\text{ср}} - t_{\text{н.в}}) \quad (4.5)$$

где $\rho_{\text{осн}}$ — средняя плотность материала основания, кг/м³, принимаемая по фактическим данным или по таблице 4.4;

$V_{\text{осн}}$ — объем отогреваемого основания, м³, определяемый по формуле (4.6)

$$V_{\text{осн}} = F_{\text{осн}} h_{\text{осн}} \quad (4.6)$$

где $F_{\text{осн}}$ — площадь отогреваемого участка старого бетона, грунта, подготовки, м²;

$h_{\text{осн}}$ — глубина (высота) отогреваемого основания, м, соответствующая глубине его промерзания (если она менее 300 мм), или $h_{\text{осн}} = 0,3$ м, если глубина промерзания более 300 мм.

Уточненное значение температуры разогрева бетонной смеси $t_{\text{раз}}''$ °С с учетом всех теплопотерь, определяют по формуле (4.7):

$$t_{\text{раз}}'' = t_{\text{раз}} + (t_{\text{раз}} - t_{\text{раз}}'), \quad (4.7)$$

Таблица 4.5 — Теплотехнические параметры материалов

Материал	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии λ , Вт/(м·°С)	Коэффициент теплопроводности (расчетное значение) λ , Вт/(м·°С)	Удельная теплоемкость в сухом состоянии c , кДж/(кг·°С)
1 Фанера водостойкая ламинированная	700	0,12	0,18	2,3
2 Этафом	100	0,036	0,04	1,34
3 Снег рыхлый сухой	300	0,29	—	2,1
4 Лед	900	2,32	—	1,8
5 Песчаное и гравийное основание (мерзлое):				
при $W_m = 5\% - 25\%$	1600	1,10–2,73	1,10–2,73	1,05–1,47
6 То же, при $W_m = 5\% - 20\%$	1800	1,51–2,84	1,51–2,84	1,05–1,34
7 То же, при $W_m = 5\% - 10\%$	2000	2,14–2,90	2,14–2,90	1,05–1,13
8 Супеси пылеватые (мерзлые)				
при $W_m = 5\% - 30\%$	1600	0,87–1,97	0,87–1,97	1,05–1,55
9 То же, при $W_m = 5\% - 20\%$	1800	0,99–1,97	0,99–1,97	1,05–1,34
10 Суглинки и глины (мерзлые) при $W_m = 5\% - 30\%$	1600	0,64–1,86	0,64–1,86	1,05–1,55

11 То же, при $W_m = 5\%–20\%$	1800	0,75–1,80	0,75–1,80	1,05–1,34
12 Бетон (тяжелый) мерзлый	2400	1,6	1,9	1,05
<p><i>Примечания</i></p> <p>W_m — влажность материала, соответствующая нормальным и влажностным условиям эксплуатации.</p> <p>Значения параметров поз. 3–12 приведены для расчета затрат теплоты на отопление оснований.</p> <p>Промежуточные значения определяют интерполяцией.</p>				

Уточняют значение средней температуры бетона за период твердения t'_{cp} , °С, с учетом всех теплопотерь на отопление по формуле (4.8):

$$t'_{cp} = t_{6к} + \frac{t''_{раз} - t_{6к}}{1,03 + 0,181M_n + 0,006 \cdot (t''_{раз} - t_{6к})}, \quad (4.8)$$

Уточняют продолжительность остывания бетона в опалубке $\tau_{ост}$, ч, по формуле (4.9) Б.Г. Скрамтаева — С.А. Миронова, в которой экзотермию (тепловыделение цемента) учитывают в варианте холодного термоса и не учитывают при предварительном разогреве бетонной смеси:

$$\tau_{ост} = \frac{c_6 \rho_6 (t''_{раз} - t_{6к}) + Ц \cdot Э}{3,6 KM (t'_{cp} - t_{н.в.})}, \quad (4.9)$$

где $t''_{раз}$ — уточненная температура разогрева, °С;

t'_{cp} — средняя температура бетона за период твердения, °С;

c_6 — удельная теплоемкость бетонной смеси, в расчетах принимают равной 1,05 кДж/кг·°С;

ρ_6 — средняя плотность бетона, принимаемая в соответствии с расчетом состава бетона или для тяжелого бетона — 2400 кг/м³;

Ц — содержание цемента в 1 м³ бетона, кг;

Э — удельное тепловыделение цемента при твердении бетона, кДж/кг (по данным таблицы 4.5);

K_T — коэффициент теплопередачи используемой опалубки, Вт/(м²·°С) (см. таблицу 4.6);

$t_{н.в.}$ — температура наружного воздуха, °С

Должно выполняться условие $\tau_{ост} \geq \tau_{выд}$, т. е. продолжительность остывания бетона, определенная по формуле (4.9), должна быть не менее планируемого периода выдерживания бетона в опалубке, обеспечивающего

для конкретных условий производства работ достижение критической (распалбочной) прочности.

Коэффициент теплопередачи опалубки бетонизируемой конструкции K_T , Вт/(м²·°С), если его значения отличаются для отдельных участков опалубки и укрытия неопалубленных поверхностей, определяют по формуле (4.10):

$$K_T = \frac{F_1 K_{T1} + F_2 K_{T2} + \dots + F_n K_{Tn}}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \quad (4.10)$$

где F_1, F_2, \dots, F_n — площадь отдельных участков опалубки и неопалубленных поверхностей, м²;

$K_{T1}, K_{T2}, \dots, K_{Tn}$ — коэффициент теплопередачи соответствующих участков опалубки и неопалубленных поверхностей, Вт/(м²·°С)

Уточняют соответствие полученных значений $t_{ост}$, $t'_{раз}$, $t_{ср}$, обеспечивающих набор требуемой критической прочности бетона. При этом используют данные таблицы 4.4.

При необходимости ускорения набора прочности бетона корректируют состав бетона: используют другие материалы для бетона (например, цемент большей активности и экзотермии), увеличивают расход цемента и т. п., а также предусматривают отопление основания (арматуры, опалубки) для снижения потерь тепла в бетоне, применяют опалубку с меньшим коэффициентом теплопередачи.

Таблица 4.5 — Тепловыделение 1 кг цемента при твердении бетона

Вид и марка цемента	Температура, °С	Удельное тепловыделение цемента*, кДж/кг, за время твердения, сут							
		0,25	0,5	1	2	3	7	14	28
Портландцемент класс 400	5	—	—	29	63	109	188	209	251
	10	12	25	50	105	146	209	251	293
	20	42	67	105	167	209	272	314	335
	40	84	134	188	230	272	314	335	—
	60	130	188	230	272	314	335	—	—
Портландцемент классов 500 и 600	5	12	25	42	125	89	188	230	272
	10	25	42	63	105	167	251	293	314
	20	42	84	125	188	251	292	335	377

	40	105	167	209	272	293	356	377	—
	60	188	230	272	314	356	372	—	—
Шлакопортландцемент класс 300	5	—	12	25	42	63	126	167	188
	10	—	25	33	63	105	167	209	230
	20	—	33	62	125	147	209	251	272
	40	42	75	117	167	209	251	272	—
	60	63	105	147	209	230	272	—	—
* При применении в бетоне химических ускорителей твердения (1 %–1,5 % от массы цемента) вводят поправочный коэффициент: 1,3; 1,2; 1,15; 1,1 для 1; 2; 3 и 7 сут, соответственно.									

4.2 Расчет коэффициента теплопередачи опалубки

При необходимости по формуле (4.11) определяют значение K_T' , Вт/(м²·°С), которое обеспечивает в конкретных условиях производства работ требуемую продолжительность остывания $\tau_{ост}$ и достижение $f_{cm,кр}$ бетона:

$$K_T' = \frac{c_b \rho_b (t'_{раз} - t_{бк}) + \alpha \cdot \lambda}{3,6 M_n (t'_{сп} - t_{н.в.}) \cdot \tau_{ост}}, \quad (4.11)$$

Значения коэффициента теплопередачи опалубки различной конструкции в зависимости скорости ветра приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 — Коэффициент теплопередачи опалубки

Тип опалубки	Материал слоев опалубки	Толщина слоя, мм	Коэффициент K_T , Вт/(м ² °С) при скорости ветра, м/с		
			0	5	15
I	Опалубочная система				
II	Опалубка перекрытия с палубой из фанеры $\delta = 21$ мм	21	3,64	4,77	4,99
II	Опалубка МОДОСТР-КОМБИ с палубой из фанеры $\delta = 12$ мм	12	5,2	6,6	6,77

Тип опалубки	Материал слоев опалубки	Толщина слоя, мм	Коэффициент K_T , Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$) при скорости ветра, м/с		
			0	5	15
I. III	Веерная опалубка колонн системы «МО - ДОСТР» с палубой из фанеры $\delta = 21$ мм	21	3,64	4,69	4,87
I. IV	Стеновая опалубка КАСКАД системы «МО - ДОСТР» с палубой из фанеры $\delta = 15$ мм	15	5,3	6,63	6,89
II	Доска	25	2,44	5,2	5,98
	Доска	40	2,03	3,6	3,94
III	Доска	25	0,67	0,8	0,82
	Пенопласт	30			
	Фанера	4			
IV	Доска	25	0,87	1,07	1,1
	Минеральная вата	50			
	Фанера	4			
V	Металл	3	1,02	1,27	1,33
	Минеральная вата	55			
	Фанера	4			
VI*	Фанера	10	2,44	5,1	5,8
	Асбест	4			
	Фанера	10			
VII	Толь, полиэтиленовая пленка	—	0,74	0,89	0,9
	Опилки	100	0,74	0,89	0,9
VIII	Толь, полиэтиленовая пленка	—	1,26	1,77	1,87
	Шлак	150	1,26	1,77	1,87
IX	Толь, полиэтиленовая пленка	—	1,01	1,31	1,37
	Минеральная вата	50	1,01	1,31	1,37
* Применяется с сетчатым нагревателем, расположенным между слоями асбеста.					
Примечание — Промежуточные значения K_T определяют интерполяцией.					

Значение коэффициента теплопередачи у наружной поверхности опалубки α_k принимают по таблице 4.7 при скорости ветра, принятой на основе метеопрогноза.

Таблица 4.7 — Коэффициент теплопередачи у наружной поверхности опалубки α_k

Скорость ветра, м/с	0	5	10	15	20
Значение α_k , Вт/(м ² ·°С)	3,77	26,56	33,18	43,15	52,50

Толщину слоя используемого утеплителя опалубки $\delta_{из}$, м, обеспечивающего значение K'_T , рассчитывают по формуле (4.12):

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{1}{K'_T} - \left(\frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] \quad (4.12)$$

где $\lambda_{из}$ – расчетные коэффициенты теплопроводности утеплителя, Вт/(м²·°С) (см. таблицу 4.4);

λ_i – расчетные коэффициенты теплопроводности остальных слоев опалубки, соответственно, Вт/(м²·°С) (см. таблицу 4.4);

δ_i – толщина i -го слоя опалубки, м.

Пример расчета твердения бетона методом термоса приведен в приложении К.

В технологических расчетах при производстве бетонных работ в зимних условиях должны быть разработаны специальные технологические карты, в которых приводят: способ и температурно-влажностный режим выдерживания бетона; данные о материале опалубки с учётом требуемых теплоизоляционных показателей; данные о пароизоляционном и теплоизоляционном укрытии неопалубливаемых поверхностей; сроки и порядок распалубливания и загрузки конструкций; ожидаемые величины прочности бетона; схемы размещения точек, в которых следует измерять температуру бетона и наименование приборов её измерения.

5 ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОПАЛУБОЧНЫХ РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Опалубочные работы следует выполнять в соответствии с проектом производства работ (ППР), технологическими картами. Перечень опалубочных работ в составе ППР и технологических картах на опалубочные работы приведен в Приложении К.

При проектировании опалубочных работ необходимо предусматривать обеспечение доступа рабочих к месту производства работ и безопасности их выполнения.[4].

Места складирования опалубки необходимо назначать в зоне действия крана. Опорные башни последними перемещают из-под перекрытия в зону действия крана и далее краном подают их на новую захватку или к месту складирования.

Перед монтажом опалубки, как правило, выполняют ее укрупнительную сборку. Цель укрупнительной сборки - из мелких щитов собрать крупноразмерные плоские опалубочные панели, пространственные опалубочные или армоопалубочные блоки, применение которых позволяет снизить трудозатраты не только при установке опалубки, но и при монтаже арматуры. Укрупнительную сборку и монтаж выполняют механизированным способом (рисунок В.1 приложения В). В зависимости от типа применяемой опалубки монтаж и демонтаж отдельных щитов и элементов допускается производить вручную. Опалубку нетиповых конструкций при массе элементов не более 50 кг разрешается монтировать вручную. Плоские щиты мелкощитовой опалубки имеют площадь до 1,5...2,0 м², массу не более 50 кг для возможности их установки вручную. При наличии монтажного крана на объекте строительства щиты можно предварительно собирать в опалубочную панель или пространственный блок опалубки площадью до 15 м². Технология производства работ с мелкощитовой опалубкой аналогична работам с крупнощитовой опалубкой.

Рабочая поверхность опалубки (поверхность палубы) перед бетонированием должна быть смазана для уменьшения адгезии с бетоном. Для защиты наружной поверхности опалубки от зарастания бетоном и облегчения очистки смонтированную опалубку снаружи следует также покрывать антиадгезионной смазкой.

Погрузо-разгрузочные работы, опалубочные и арматурные работы выполняются, как правило, автомобильным краном. В зависимости от требуемой грузоподъемности, вылета крюка и высоты подъема могут применяться стреловые гусеничные, башенные краны (расчет требуемых параметров и выбор марки крана приведен в ТКП 45-1.03-63-2007 [8,9]).

Строповку монтируемой опалубки надлежит производить съемными захватами в местах, указанных в рабочих чертежах, паспортах или инструкциях по эксплуатации опалубок или за монтажные петли.

Устанавливать опалубку следует на прочном основании. На мерзлом грунте ее устанавливать нельзя, так как при оттаивании земли опалубка просядет и изменит свою форму. Опорные части подкосов, поддерживающих элементы опалубки, телескопические стойки и опорные башни должны опираться на основания, исключая осадку, и иметь достаточную площадь опирания. Места установки опалубки должны быть очищены от мусора, а в зимнее время — от снега и льда.

Возведение колонн каждого вышележащего этажа или яруса многоэтажного здания следует производить после того, как забетонировано

монолитное перекрытие нижележащего этажа и его прочность составляет 10 МПа и более.

Для обеспечения высоких темпов возведения каркаса допускается производить устройство опалубки перекрытия при прочности нижележащего монолитного перекрытия менее 10 МПа, при этом данная технология должна быть обоснована и оговорена в ППР или технологических картах, и при условии, что несущая способность монолитного перекрытия обеспечивает восприятие нагрузки от собственного веса плиты.

При **курсовом проектировании** могут разрабатываться (в соответствии с заданием) технологические карты на опалубочные работы, а так же комплексная карта на бетонирование монолитной конструкции.

При привязке технологической карты к конкретному объекту и условиям строительства уточняются объемы работ, калькуляция затрат труда, средства механизации, оборудование и приспособления; разрабатываются технологические схемы приобъектного бетонирования конструкций графики производства работ (Приложение Л). Форма калькуляции и графика производства работ приведены в таблицах 5.1 и 5.2 .

Примеры технологических схем приобъектного бетонирования с детализацией опалубочных работ приведены на рисунках 5.1- 5.3, в Приложении В. Примеры схем расстановки опалубки и их расчетных схем приведены в Приложении В. Схемы производства опалубочных работ в комплексе с арматурными и бетонными при возведении монолитной стены приведены на рисунке 5.3. Примеры и методика расчета технологических параметров опалубки (на примере перекрытия) приведены в ТКП [6].

При расчете **калькуляции затрат** труда и разработке **графика производства** работ следует руководствоваться действующими ТНПА. В строительной практике Республики Беларусь применяются нормы затрат труда на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (НЗТ) и нормативы расхода ресурсов (НРР). В калькуляции и графике производства работ следует в графе обоснования принятых норм приводить ссылки на шифр норм (например, шифр **4-325**).

Примеры разработки калькуляции затрат труда и машинного времени и графика производства работ по устройству опалубки и монолитным работам приведены в Приложении Л.

Пример Карты контроля технологических процессов на устройство опалубки приведен в Приложении М.

Таблица 5.1 - Калькуляция затрат труда

Обоснование (НЗТ, РСН, ЕНиР и др. нормы)	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени		Затраты труда	
				рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)

Таблица 5.2 - График производства работ

Наименование процесса	Единица измерения	Объем работ	Затраты труда		Принятый состав звена	Продолжительность Процесса, ч	Рабочие смены									
			рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)			3	6	9	12	15	18	21	24		
<i>Разгрузка, сортировка и установка опалубки (п.п. 1,2,3,4,5,6,7 по калькуляции)</i>	100 м³	3,7	587,94	212,97	Звено № 1 Слесари монтажные: 4 р. – 1 3 р. – 1 2 р. – 1 Машилист 5 р. – 1	212,97										
<i>Укрупнительная сборка панелей опалубки (п. 4 по калькуляции)</i>	"	"	528,2	-	Звено № 2 Слесари строительные: 4 р. – 2 3 р. – 2	135,05										

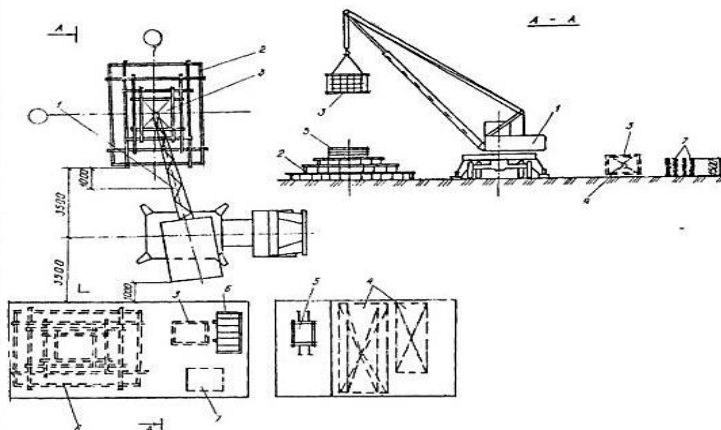


Рисунок 5.1 - Схема организации работ при монтаже стальных опалубочных форм:

- 1 - автомобильный кран; 2 - опалубка башмачной части фундамента; 3 - блок опалубки;
- 4 - арматурные сетки; 5 - арматурные каркасы; 6 - подмости; 7 - щиты опалубки;
- 8 - рамы опалубки; 9 - подкладка

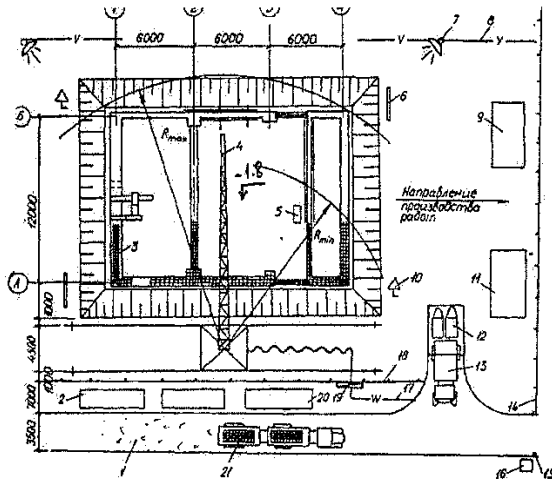
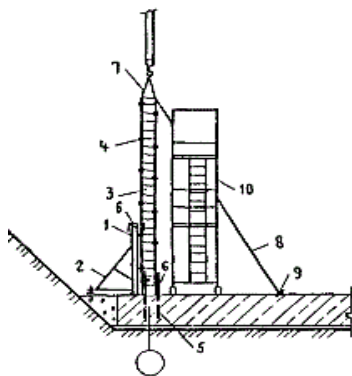


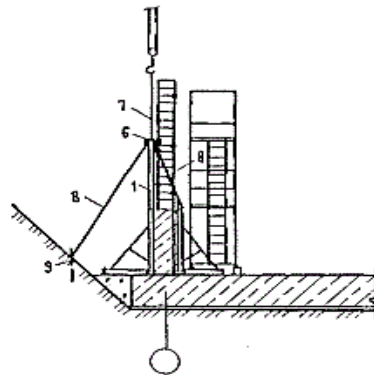
Рисунок 5.2 - Технологическая схема производства опалубочных, арматурных и бетонных работ на стройплощадке:

- 1 - временная дорога; 2 - площадка складирования арматуры; 3 - строящийся объект;
- 4 - башенный кран КБ-100.0; 5 - сварочный аппарат; 6 - пожарный щит; 7 - прожектор;
- 8 - воздушная ЛЭП; 9 - инструментальная; 10 - предупредительные знаки; 11 - прорабская;
- 12 - бадья поворотная; 13 - автосамосвал ЗИЛ-ММЗ-555; 14 - ограждение строительной площадки; 15 - ворота; 16 - проходная; 17 - кабель; 18 - ограждение подкранового пути;
- 19 - распределительный щит; 20 - площадка складирования опалубки; 21 - машина с прицепом для доставки арматуры и опалубки.

а)



б)



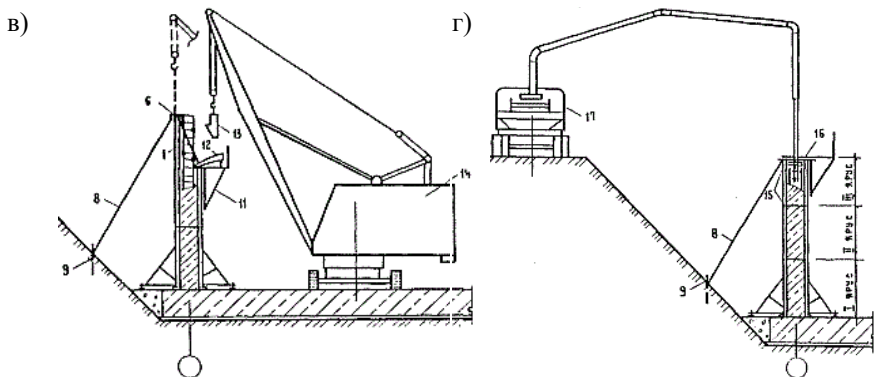


Рисунок 5.3 – Схемы производства опалубочных, арматурных и бетонных работ при возведении монолитной стены

a - установка арматурных каркасов; *б* - установка панелей опалубки; *в* - укладка бетонной смеси автобетононасосом (вариант 1), *г* - укладка бетонной смеси с помощью стрелового крана (вариант 2);

1 - панель опалубки; 2 - подкос; 3 - арматурный каркас; 4 - фиксаторы для создания защитного слоя; 5 - арматурные выпуски; 6 - струбины; 7 - строп; 8 - расчалки; 9 - якорь; 10 - передвижные подмости; 11 - навесная площадка; 12 - лоток; 13 - бункер поворотный; 14 - стреловой кран; 15 - стяжки монтажные; 16 - распорки; 17 - автобетононасос.

6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОПАЛУБОЧНЫХ РАБОТ

Опалубка должна быть оснащена инвентарными средствами подмащивания. Для обеспечения безопасного бетонирования. Ежедневно перед началом укладки бетона в опалубку необходимо проверять состояние опалубки и средств подмащивания.

Нагрузки на опалубку не должны превышать ее несущую способность, указанную в проекте производства работ или паспорте. Выверку и закрепление опалубочных панелей в проектном положении следует производить инвентарными регулируемым подкосами, прикрепляемыми к основанию или конструкциям.

Для предотвращения опрокидывания щитов опалубки при складировании в вертикальном положении должен соблюдаться безопасный угол наклона, установленный в конструкторской документации.

Размещение на опалубке оборудования и материалов, не предусмотренных ППР, а также нахождение людей, непосредственно не участвующих в производстве работ, на установленных конструкциях опалубки не допускается.

Для перехода работников с одного рабочего места на другое необходимо применять лестницы, переходные мостики, трапы, соответствующие требованиям раздела 8 ТКП 45-1.03-40 [9].

При устройстве сборной опалубки стен, ригелей и сводов необходимо предусматривать устройство рабочих настилов шириной не менее 0,8 м с ограждениями.

Опалубка перекрытий должна быть ограждена по всему периметру, все отверстия в рабочем полу опалубки должны быть закрыты. При необходимости оставлять эти отверстия открытыми их следует затягивать проволочной сеткой.

После отсечения части скользящей опалубки и подвесных лесов их торцевые стороны должны быть ограждены.

При установке элементов опалубки в несколько ярусов каждый последующий ярус следует устанавливать после закрепления предыдущего.

При передвижении секций катучей опалубки и передвижных лесов необходимо принимать меры, обеспечивающие безопасность работающих. Лицам, не участвующим в этой операции, находиться на секциях опалубки или лесов запрещается.

Запрещается эксплуатация термоактивных опалубок при напряжении тока свыше 127 В.

Разборка опалубки должна производиться после достижения бетоном заданной прочности с разрешения производителя работ. При разборке опалубки необходимо принимать меры против случайного падения элементов опалубки, обрушения поддерживающих лесов и конструкций.

При установке опалубки при помощи крана необходимо соблюдать следующие правила:

- монтируемые элементы опалубки должны быть надежно скреплены;
- расстроповка разрешается только после закрепления элемента постоянными или временными связями;
- при монтаже и демонтаже опалубки запрещается находиться под монтируемыми элементами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Пантюхов, О. Е.** Технология монолитного и приобъектного бетонирования : учеб.- метод. пособие / О. Е. Пантюхов, Т. В. Яшина. – Гомель: БелГУТ, 2009. – 98 с.
- 2 **ТКП 45-1.03-314-2018.** Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений. Основные требования. - Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Введен 01.07.2018-129 с.
- 3 **СТБ 1110-98** (с Изменением №1 от 2009-01-01). Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Общие технические условия . – Введ. 1998–06–03. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 24 с..
- 4 **ТКП 45-5.03-23-2006.** Опалубочные системы. Правила устройства. (срок действия до 01.07.2018, заменяющий ТКП 45-1.03-314-2018). – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2006. – 62 с.
- 5 **ТКП 45-5.03-131-2009.** Монолитные бетонные и железобетонные конструкции. Правила возведения. (срок действия до 01.07.2018, заменяющий ТКП 45-1.03-314-2018). М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 20 с..
- 6 **ТКП 45-5.03-20-2009.** Монолитные каркасные здания. Правила возведения.(срок действия до 01.07.2018, заменяющий ТКП 45-1.03-314-2018), М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 56 с.
- 7 **ТКП 45-5.03-21-2006.** Бетонные работы при отрицательных температурах. Правила производства. – (срок действия до 01.07.2018, заменяющий ТКП 45-1.03-314-2018). М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 103 с
- 8 **ТКП 45-1.03-63-2007** Монтаж зданий. Правила механизации. – Введ. 2007–09–01. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 89 с.
- 9 **Шаповалов В. М.** Технология строительного производства : учеб.- метод. пособие / В.М. Шаповалов, О. Е. Пантюхов. – Гомель: БелГУТ, 2011. – 99 с.
- 10 **Соколов, Г. К.** Технология строительного производства : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. К. Соколов. – 2-е изд., перераб. – М. : Академия, 2007. – 544 с.
- 11 **Стаценко, А. С.** Технология и организация строительного производства : учеб. пособие / А. С. Стаценко. – Минск: Выш. шк., 2002. – 367 с.
- 12 Альбом чертежей опалубки и форм для монолитных и сборных ж/б конструкций. – М.: Стройиздат, 2001 – 14 с..
- 13 **ТКП 45-1.03.40-2006.** Безопасность труда в строительстве. Общие требования.– Введ. 2007–07–01. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 42 с.
- 14 **ТКП 45-1.03-44-2006.** Безопасность труда в строительстве. Строительное производство. – Введ. 2007–07–01. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 48 с.

- 15 **Технология и методы зимнего монолитного и приборъектного бетонирования:** учеб. пособие / Э.И. Батяновский, Н. М. Голубев, В. В. Бабицкий, М. Ф. Марковский – М.: Изд. АСВ, 2009. – 232 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Структурные элементы опалубочных систем

К основным структурным элементам опалубочных систем относятся:

- 1) **телескопическая стойка:** Трубчатая опорная конструкция, состоящая из нижней части, выдвигаемой верхней части меньшего диаметра, регулируемая по высоте ступенчато через 80 мм специальной фиксирующей скобой и плавно — регулировочной муфтой, и предназначенная для передачи веса опалубки, бетона и технологических нагрузок на основание.
- 2) **съёмный оголовок:** Элемент, устанавливаемый на плоский оголовок телескопической стойки и предназначенный для стыка опалубочных балок.
- 3) **тренога:** Элемент, предназначенный для фиксирования телескопических стоек в вертикальном положении при монтаже и демонтаже опалубки перекрытия.
- 4) **защитная трубка тяжа:** Трубка, одеваемая на тязь и предназначенная для фиксации опалубки, защиты тязя от бетона и беспрепятственного извлечения его из бетонированной конструкции.
- 5) **наконечник защитной трубки:** Элемент конической формы, устанавливаемый на защитную трубку тязя и предназначенный для ее герметизации. После распалубки наконечник извлекается из забетонированной конструкции.
- 6) **страховочная подпорка:** Вертикальный или наклонный опорный элемент, устанавливаемый после снятия опалубки с большой площади перекрытия или другой под уже возведенную плиту перекрытия до ее распалубки. Предназначается для частичного восприятия собственного веса плиты после распалубки и последующей передачи технологических нагрузок на нижний ярус (плита перекрытия или фундамент) при возведении вышележащих конструкций.
- 7) **подпорка:** Вертикальный опорный элемент, устанавливаемый под плиту перекрытия после снятия опалубки, предназначенный для передачи на нижний ярус технологических нагрузок, действующих на эту плиту при возведении вышележащих конструкций. В отличие от страховочной подпорки начальное усилие в подпорке отсутствует.

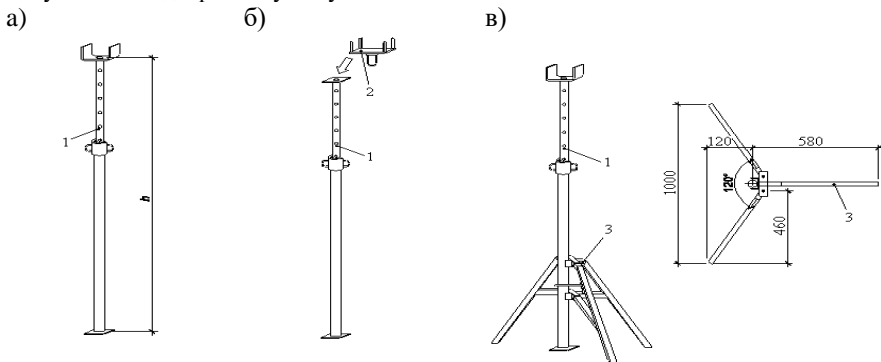


Рисунок А.1 — Схема телескопических стоек:

а – с U-образным оголовком; б – с плоским оголовком; в – с треногой 1 – телескопическая стойка; 2 – съемный оголовок; 3 – тренога

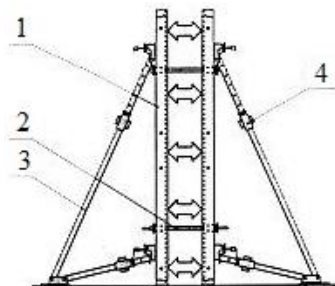


Рисунок А.2 – Принципиальная схема установки щитов опалубки

1 – щит опалубки, 2 – стяжная стержень, 3 – подкос, 4 – муфта

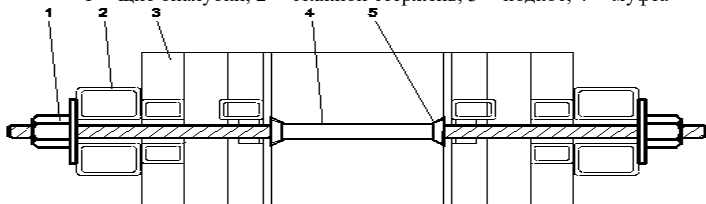


Рисунок А.3 – Схема установки защитной трубки винтового тяжа

1 – винтовой тяж с гайками; 2 – выравнивающая балка; 3 – щит опалубки; 4 – трубка ПВХ; 5 – пластмассовый наконечник

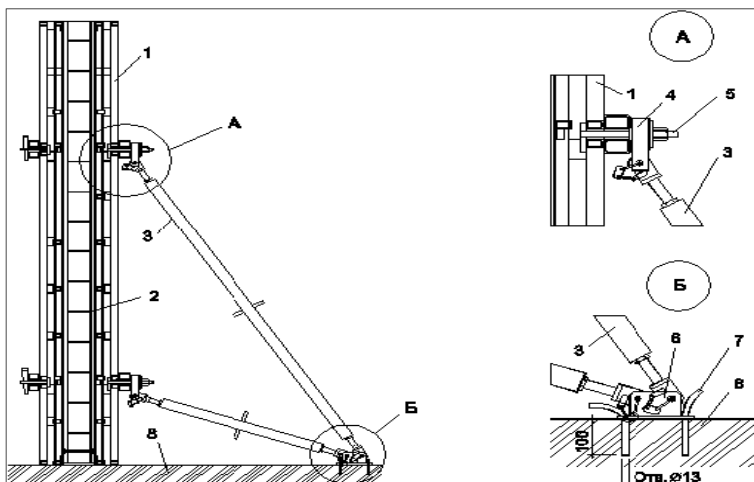


Рисунок А.4 — Схема монтажа регулируемых подкосов

1 — щит опалубки; 2 — арматурный каркас; 3 — регулируемый подкос; 4 — элемент крепления подкоса; 5 — винт крепления подкоса; 6 — подпятник; 7 — анкер; 8 — плита перекрытия

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

Схемы разных опалубок к классификации.

Схемы разных опалубочных систем.

Катучая опалубка для бетонирования линейно-протяженного сооружения (коллектора) состоит из внутренней и наружной частей (рисунок Б.13).

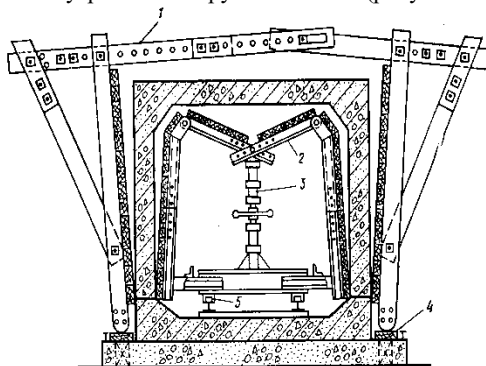


Рисунок Б.1 – Схема катучей опалубки (распалубливание):

- 1 — наружная опалубка; 2 — внутренняя опалубка; 3 — центральная стойка с домкратом;
- 4 — направляющая доска; 5 — катки тележки;

Вариант катучей опалубки фирмы «Акрюв-Вольф» (Германия) позволяет бетонировать туннели с радиусом до 5 м со значительной толщиной бетонных сводов и длиной до 125 м..

в)

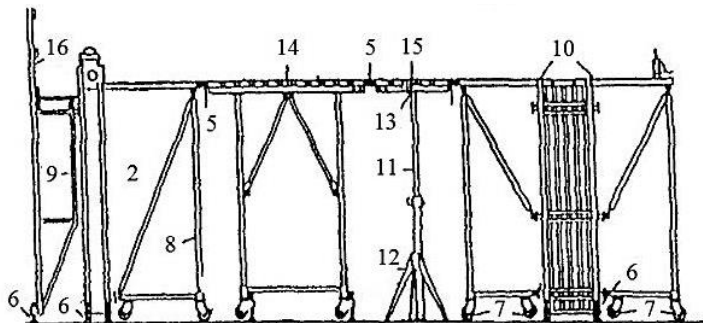


Рисунок Б.3 - Объемно-переставная опалубка

а – П-образная опалубка, б – Г-образная опалубка, в – универсальная опалубка, 1 – П-образные секции, 2 – Г-образные полусекции, 3 – распалубочный механизм, 4 – центральная вставка, 5 – стыковой узел, 6 – домкрат, 7 – ролики, 8 – откидные монтажные опоры, 9 – щит (блок) наружной (внутренней) опалубки, 10 – Г-образные секции, 11 – стойка, 12 – тренога, 13 – опора стойки (вилка), 14 – стол опалубки перекрытий, 15 – щит опалубки перекрытий, 16 – подмости

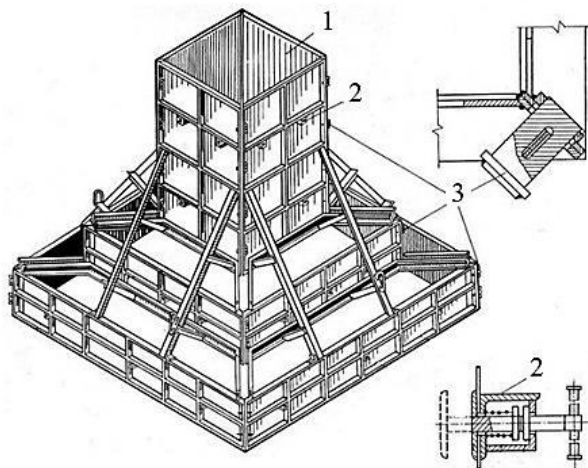


Рисунок Б.6 - Блочная опалубка внешнего контура (блок-форма) фундаментов

1 – панель, 2 – отжимное устройство, 3 – замок

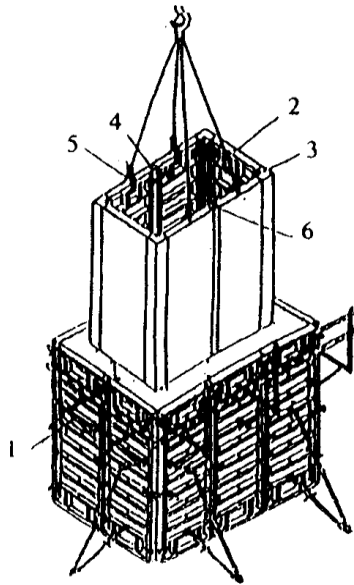


Рисунок Б.7 - Блочная опалубка внутреннего контура

1 – щит внешнего контура, 2 – щит внутреннего контура, 3 – щит угловой внутренней, 4 – замок, 5 – захват, 6 – вставка.

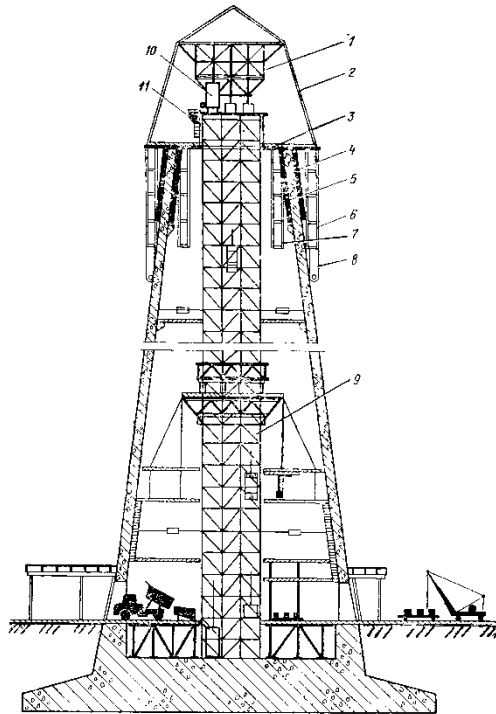


Рисунок Б.4 - Подъемно-переставная опалубка с шахтным подъемником
 1 – подъемная головка, 2 – тепляк, 3 – рабочая площадка, 4 – наружная опалубка,
 5 - внутренняя опалубка, 6,7 – подвесные леса, 8 – «юбка тепляка», 9 – шахтоподъемник,
 10 – ковш грузовой клетки, 11 – приемно-раздаточный бункер для бетонной смеси.

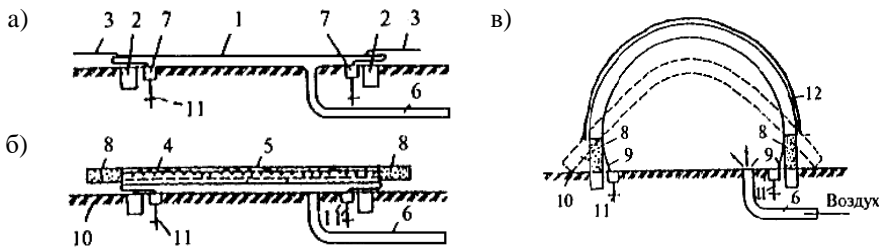


Рисунок Б.5 - Пневматическая подъемная опалубка сводов
 а – подготовленная опалубка, б – опалубка с уложенной бетонной смесью,
 в – поднятая опалубка, 1 – пневмоопалубка, 2 – фундамент, 3 – открьлки, 4 – спиральная
 арматура, 5 – бетонная смесь, 6 – трубопровод для нагнетания воздуха,
 7 – опорные трубы, 8 – участки свода (стены), 9 – участки пневмоопалубки не
 соприкасающиеся с бетоном, 10 – фундамент, 11 – анкеры, 12 – натяжная внешняя оболочка.

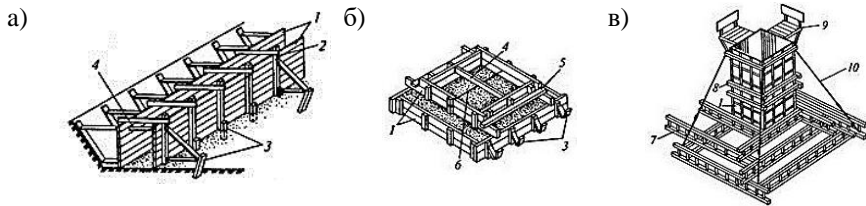


Рисунок Б.8 - Разборно-переставная опалубка

а - щитовая для устройства ленточных фундаментов, б - то же, для столбчатых фундаментов, в - унифицированная; 1 - щиты, 2 - сшивные планки, 3 - крепления, 4 - распорки, 5 - прижимная доска, 6 - проволочная стяжка, 7 - ферма, 8 - стяжные хомуты, 9 - рабочая площадка, 10 - расчалка

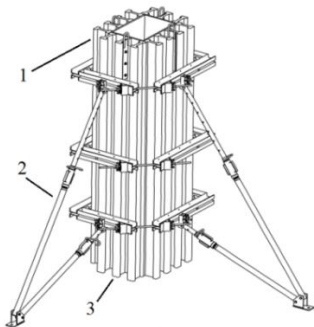


Рисунок Б.10 - Балочно-ригельная опалубка колонн

1 - щит, 2 - подкос, 3 - анкерный тяж

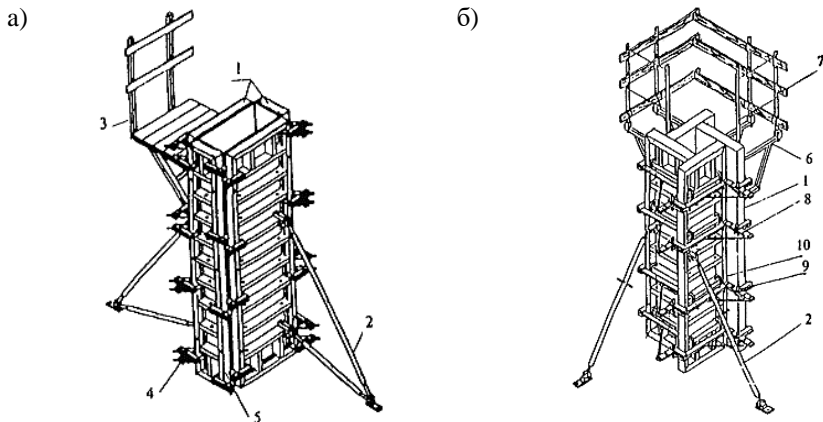
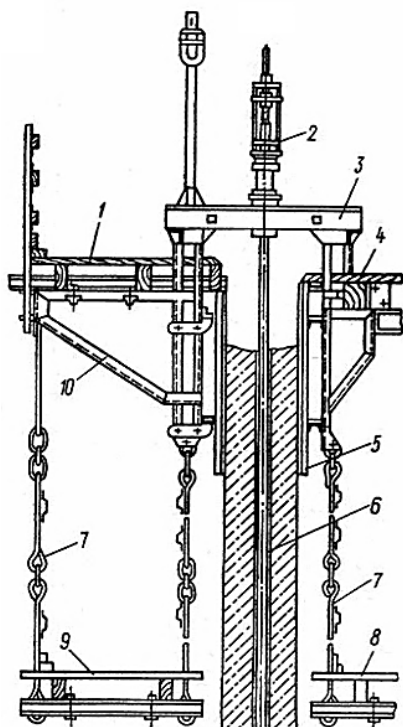


Рисунок Б.9 - Крупнощитовая модульная опалубка колонн

а - опалубка колонн (на замках); б - опалубка колонн (на хомутах): 1 - щит, 2 - подкос, 3 - подмости для бетонирования, 4 - замок, 5 - угольник, 6 - кронштейн подмостей, 7 - ограждение, 8 - хомут, 9 - замок, 10 - петля для удержания хомутов

а)



б)

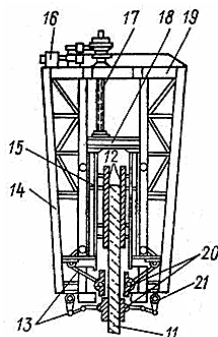


Рисунок Б.11 – Устройство скользящей опалубки

- а — с домкратными стержнями, б — с опорными пластинами: 1 — наружные подмости; 2 — гидродомкрат с регулятором горизонтальности; 3 — домкратная рама; 4 — рабочий пол; 5 — щит опалубки; 6 — домкратный стержень; 7 — подвески; 8 — подмости внутренние; 9 — то же, наружные; 10 — кронштейн; 11 — бетонизируемая стена; 12 — опалубочные щиты; 13 — рычаги; 14 — опорная наружная рама; 15 — подъемная внутренняя рама; 16 — привод винтового подъема; 17 — винт; 18,19 — ригели соответственно подъемной и опорной рам; 20 — опорные пластины; 21 — прижимное устройство;

Все большее применение в строительстве находит несъемная опалубка из пенополистирола. Основным преимуществом использования пенополистирольной опалубки является возможность возведения многослойной ограждающей конструкции с необходимым сопротивлением теплопередачи, т.е. стена получается сразу «теплой» и не требует дальнейшего утепления. Получаемая ограждающая конструкция представляет собой «сэндвич», т.е. железобетон, с двух сторон покрытый слоями теплоизоляции.

Применяются два типа конструкций из пенополистирола: блоки и плиты-панели (рис.4.8.) Внутреннее пространство пенополистирольных

блоков и панелей заполняется бетоном, который после затвердевания образует монолитную стену. В качестве армирующих элементов в бетоне используются вертикальные и горизонтальные стержни.

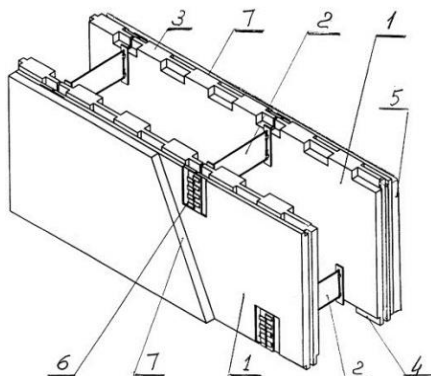


Рисунок Б.12 Несъемная пенополистирольная опалубка:

1 - две oppositно расположенные плиты; 2 - перемычки; 3 - верхняя поверхность; 4 - нижняя поверхность; 5 - боковая поверхность; 6 - пластины; 7 - слой облицовки

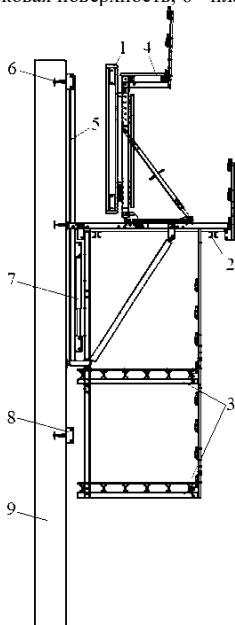


Рисунок Б.13 — Схема самоподъемной опалубки

1 — наружная опалубочная панель; 2 — рабочие подмости; 3 — нижние подмости; 4 — подмости для бетонирования; 5 — направляющие балки; 6 — анкер; 7 —

гидравлический домкрат; 8 — навесной башмак с гравитационным механизмом; 9 —
монолитная стена

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

**Схемы приобъектного бетонирования монолитных конструкций,
расстановки опалубки и их расчетные схемы**

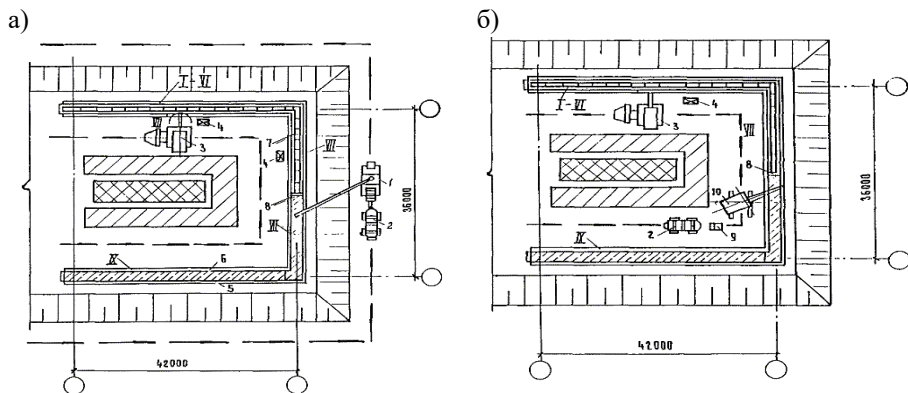


Рисунок В.1 – Схемы производства опалубочных и бетонных работ при возведении монолитной стены

а - схема опалубочных работ и бетонирования автобетононасосом (1 вариант); б - схема опалубочных работ и бетонирования с помощью стрелового крана (2 вариант); 1 – автобетононасос; 2 – автобетоносмеситель; 3 - автомобильный кран; 4 - передвижные подмости;

5 - наружная опалубка; 6 - внутренняя опалубка; 7 - арматурные каркасы; 8 – заглушки;

9 - бункеры поворотные; 10 - стреловой кран; 11 - складские площадки;

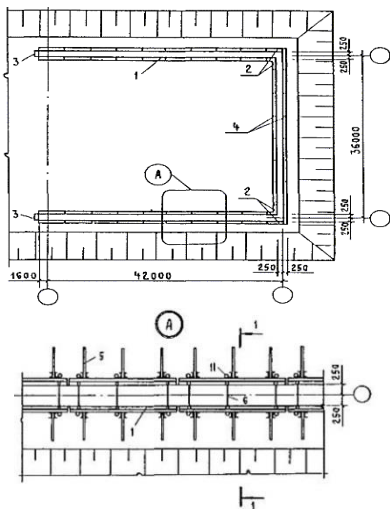
12 - площадки укрупнительной сборки панелей опалубки;

13 - направление движения автобетононасоса при возведении стен.

На рисунке В.1 обозначена последовательность производства опалубочных, арматурных и бетонных работ при возведении монолитной железобетонной стены: I - установка наружной опалубки 1-го яруса, II - установка арматурных сеток и каркасов, III - установка внутренней опалубки 1-го яруса и наружной опалубки 2-го яруса, IV - бетонирование 1-го яруса, V - установка внутренней опалубки 2-го яруса и наружной опалубки 3-го яруса, VI - бетонирование 2-го яруса, VII - установка внутренней опалубки 3-го яруса, VIII - бетонирование 3-го яруса, IX - разборка опалубки.

Схема раскладки панелей опалубки при возведении монолитной стены приведена на рисунке В.2

а)



б)

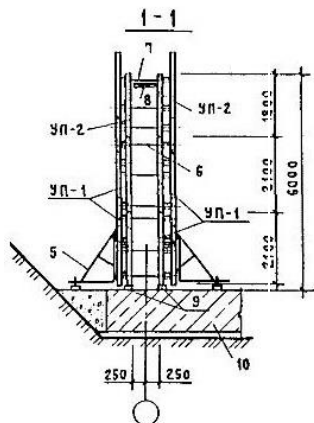
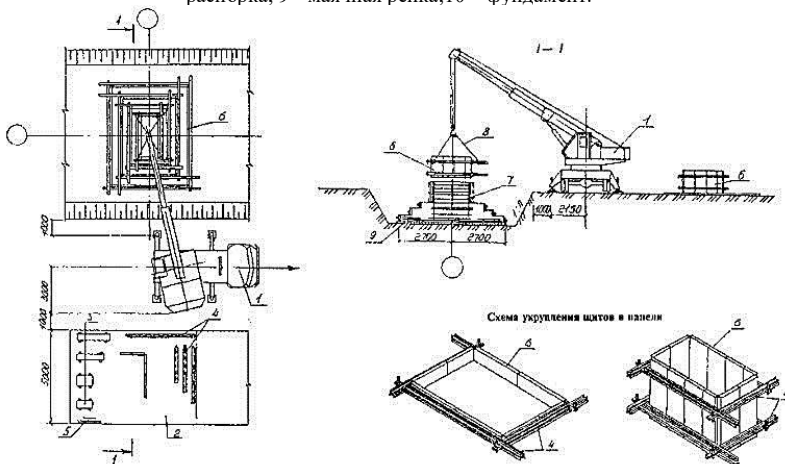


Рисунок В.2 - Схема раскладки панелей опалубки стен

а - схема раскладки панелей опалубки стен б - схема опалубки стены; 1 - укрупненные панели опалубки (УП-1, УП-2); 2 - добор из отдельных щитов; 3 - торцевая опалубка; 4 - прокладки-компенсаторы между панелями; 5 - подкосы; 6 - стяжка; 7 - стяжка монтажная; 8 - распорка; 9 - маячная рейка; 10 - фундамент.



сунук В.3 - Схемы производства опалубочных работ:

Ри

1 - кран автомобильный; 2 - площадка складирования; 3 – щиты опалубки; 4 - схватки; 5 - уголки монтажные; 6 - укрупненные панели опалубки; 7 - арматурный каркас; 8 - строп; 9 - бетонная подготовка

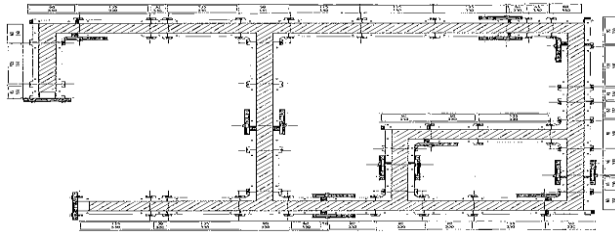


Рисунок В.4 Схема расстановки опалубки



Рисунок В.5 Расчётная схема для определения погонной нагрузки q

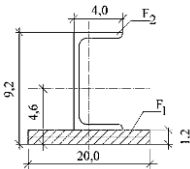


Рисунок В.6 Сечение схваток и прогонов
 F_1 – площадь участка опалубочного щита, cm^2 ; F_2 – площадь схватки, cm^2

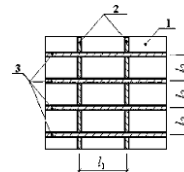


Рисунок В.7 Расчётная схема опалубки:
 1 – палуба щита опалубки; 2 – прогоны (ребра жёсткости) 3 – хомуты (схватки)

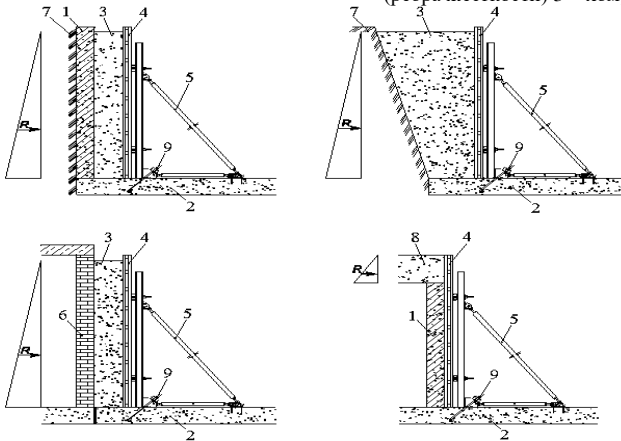


Рисунок В.7 Схема односторонней опалубки вертикальных монолитных конструкций и эпюры бокового давления

1 — бетонная стена (шпунт); 2 — бетонная плита; 3 — возводимая монолитная конструкция; 4 — стеновая опалубка; 5 — подкосы; 6 — кирпичная стена; 7 — стена котлована;
8 — плита перекрытия; 9 — анкер

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

Схемы устройства опалубок для различных участков стен

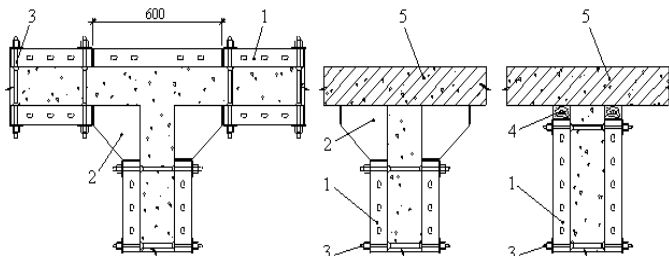
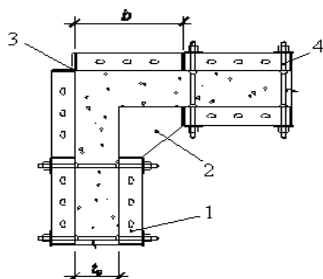


Рисунок Г.1 - Схема устройства Т-образного участка стены:
1 — щит; 2 — внутренний угол; 3 — винтовой тяз; 4 — деревянная вставка; 5 — забетонированная стена

а)



б)

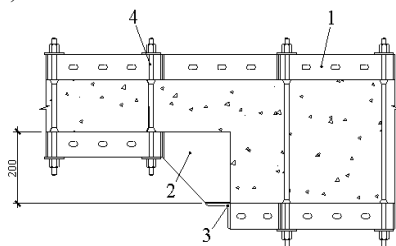
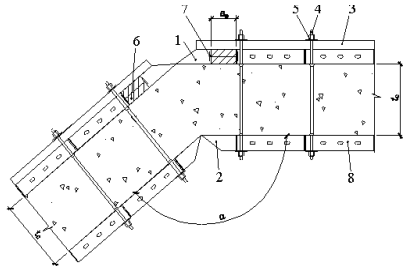


Рисунок Г.2 — Схема устройства опалубки участков стены:
а - прямых углов стен; б - участка стены ступенчатого очертания;
1 — щит; 2 — внутренний угол; 3 — наружный угол; 4 — винтовой тяз

а)



б)

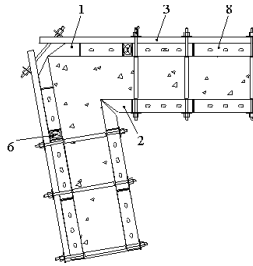


Рисунок Г.3 — Схема устройства опалубки примыкания стен:
 а - под тупым углом; б - под острым углом; 1 — шарнирный угол 200×200; 2 — шарнирный угол 100×100; 3 — выравнивающая балка; 4 — винтовой тяз; 5 — гайка; 6 — деревянная вставка; 7 — винт; 8 — щит

Таблица Г.1 — Технические параметры каркасной опалубки стен системы «МОДОСТР»

Наименование параметра	Значение параметра
Допустимое боковое давление бетонной смеси на опалубку, кПа (тс/м ²)	60 (6,0)
Допустимый относительный прогиб опалубки при максимальном давлении бетонной смеси	1/400 пролета
Высота щитов, мм	2700, 2800
Ширина щитов, мм	250, 400, 500, 600, 700, 750
Толщина щитов, мм	120
Размер внутреннего угла в плане, мм	250×250
Палуба	Водостойкая ламинированная 11-слойная фанера, $t_{\text{ф}} = 15$ мм
Тяз	Винтовой $\varnothing 15$ мм
Грузоподъемность монтажного захвата, кН (кгс)	5 (500)
Назначение замков:	
замок-сухарь	Для постоянных соединений щитов в панели
замок-зажим	Для соединения панелей и щитов
регулируемый	Для соединения щитов со вставкой 0–150 мм
винтовой	Для соединения щитов со вставкой 0–300 мм
Навесной кронштейн подмостей для бетонирования: ширина прохода, мм допустимая нагрузка на навесные подмости, кПа (кгс/м ²)	850 1,5 (150)
Крепление регулируемых подкосов	В любом месте, кроме стыка щитов
Ширина отсекаателя, мм	160, 200, 250
Максимальная длина опалубочной панели, м	8
Максимальная площадь опалубочной панели, м ²	22
Оборачиваемость опалубки, цикл, в т. ч.:	
стального каркаса и стальных деталей	130–170
фанерной палубы	40–60
Примечание — После замены изношенной фанерной палубы опалубка подлежит дальнейшей эксплуатации.	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Схема устройство опалубки лестничных маршей:

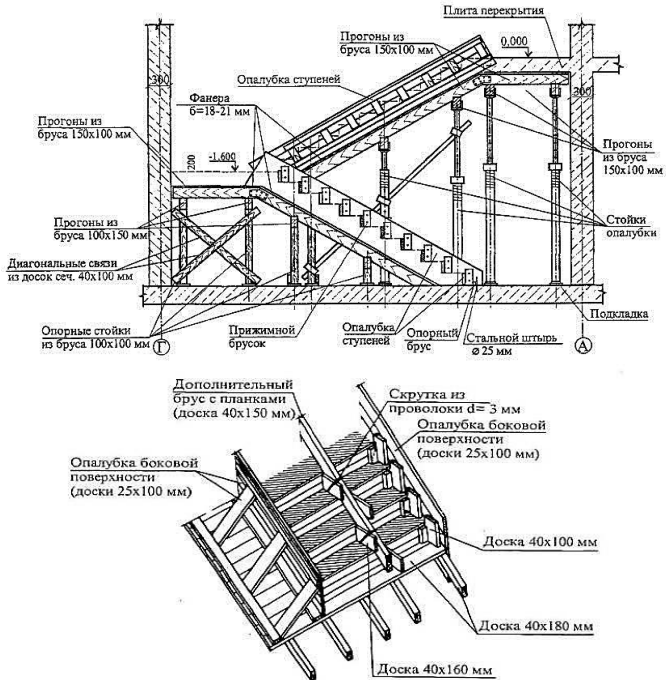


Рисунок Д.1— Схема устройства лестничных маршей

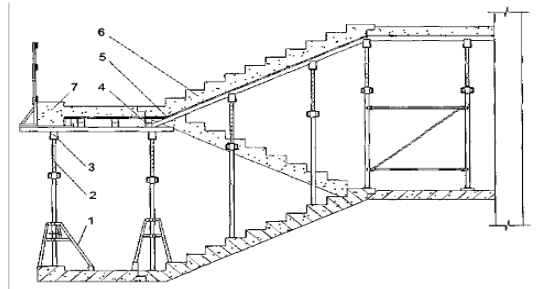


Рисунок Д.2— Схема устройства опалубки (системы «Модостр» и др.)

1 — тренога; 2 — телескопическая стойка; 3 — несущая балка; 4 — распределительная балка;
5 — фанерная палуба; 6 — лестничный марш; 7 — лестничная площадка

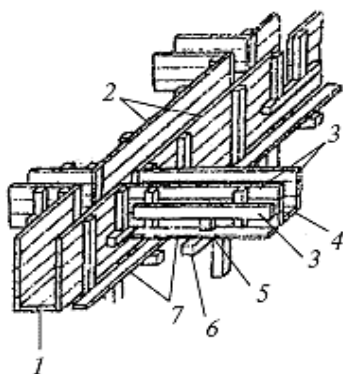
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное)

Устройство щитовой опалубки балок и прогонов

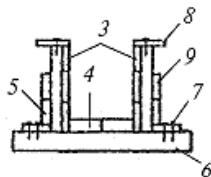
Опалубка балок и прогонов (рисунок Е.1) обычно устанавливается одновременно и выполняется в виде коробов с дном из ранее сколоченных щитов. Короб должен плотно прилегать к дну, иначе через образующиеся щели из бетонной смеси будет вытекать цементное молоко. При сборке опалубки на высоте более 6 м пользуются лесами, а при сборке опалубки на высоте менее 6 м – подмостями. На высоте менее 6 м опалубку устанавливают следующим образом. Сначала устанавливают днища коробов прогонов в вырезы коробов колонн и крепят после выверки горизонтальности монтажными гвоздями. После этого на землю кладут лаги и ставят на них на нужном расстоянии инвентарные стойки, которые подводят под днище прогонов. Вертикальность установки стоек проверяют отвесом с подбивкой клиньев. Стойки закрепляют монтажными гвоздями через днище в их оголовники. Боковые щиты короба прогонов крепят к боковым сторонам вырезов коробов колонн прижимными досками, прикрепляя их гвоздями к оголовнику стойки. По окончании этих работ днище опалубки вводят в вырезы коробов колонн и прогонов, подводя под него стойки, и ставят боковые щиты.

Короб балки состоит из боковых щитов, днища, схваток, сбоку щитов расположена подкружальная доска. Для получения нужных размеров короб стягивают схватками.

а)



б)



в)

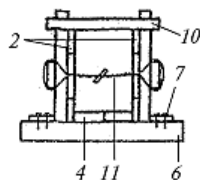


Рисунок Е.1 - Установка опалубки балок и прогонов:

а – общий вид установки; б – поперечное сечение короба при наличии плиты; в – поперечное сечение короба при отсутствии плиты; 1 – днище короба прогона; 2 – боковые щиты короба прогона; 3 – боковые щиты короба балки; 4 – днище короба балки; 5 – подставка;

6 – оголовник стойки; 7 – прижимные доски; 8 – доска опалубки плиты; 9 – доска подкружальная; 10 – схватки; 11 – стяжки

Устройство опалубки при возведении балок и ригелей с применением инвентарных опалубочных щитов и опалубочных балок приведено на рисунке Е.2. При монтаже опалубки балок обязательно устройство площадок с ограждениями для рабочих. В зависимости от геометрических параметров для боковой опалубки балок и ригелей рекомендуется использовать инвентарные или деревофанерные щиты, отдельные балки и фанеру.

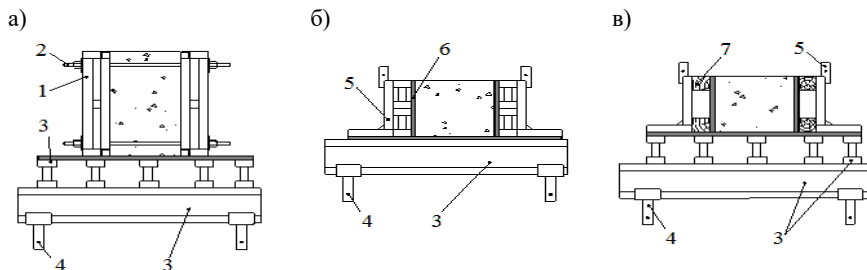


Рисунок Е.2 – Схемы устройства опалубки монолитной балки:

а – с применением инвентарных опалубочных щитов; б – с применением опалубочных балок;
 в – с применением деревофанерных щитов: 1 – инвентарный щит; 2 – винтовой тяж; 3 – опалубочная балка; 4 – опорная система; 5 – бортовой упор; 6 – водостойкая ламинированная фанера; 7 – деревофанерный щит

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (справочное)

Устройство опалубки фундаментов

При возведении **столбчатых фундаментов** используют схему монтажа опалубки на балках, представленную на рисунке Ж.1. Каждый элемент столбчатого фундамента собирают из отдельных щитов.

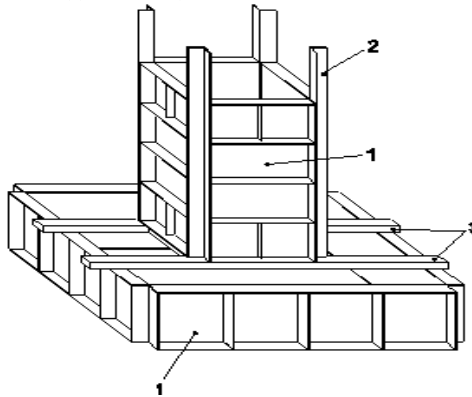


Рисунок Ж.1 — Схема устройства опалубки столбчатого фундамента
1 — щит; 2 — наружный угол; 3 — балка

Для устройства монолитных **ленточных фундаментов** следует использовать мелкощитовую рамную опалубку. Технология устройства опалубки фундаментов аналогична технологии устройства опалубки стеновых конструкций.

Выбор типа и количества опалубки фундамента, разбивку на технологические захватки осуществляют в зависимости от заданных сроков строительства и требуемого качества поверхностей возводимых монолитных конструкций.

Схема устройства опалубки ленточного фундамента представлена на рисунке Ж.2. Верхний тяж с помощью съемных упоров пропускают над щитами, поэтому не требуется установка защитной трубки тяжа.

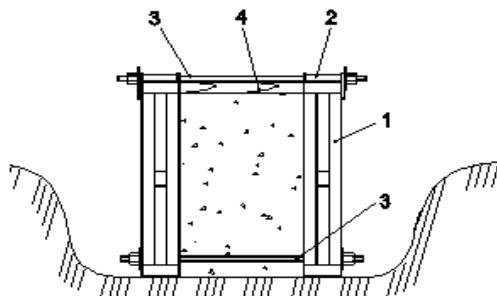


Рисунок Ж.2 — Схема опалубки ленточного фундамента
 1 — щит; 2 — съемный упор тяжа; 3 — винтовой тяж; 4 — деревянная распорка

При небольших объемах монолитных конструкций и при сложных геометрических формах конструкций фундаментов допускается применение индивидуальной дощатой или деревофанерной опалубки. Схема **индивидуальной опалубки** ленточного фундамента приведена на рисунке Ж.3. В качестве несущих элементов каркаса применяют деревянные брусья сечением 100×100 мм, палуба — из водостойкой ламинированной фанеры. Шаг установки винтовых тяжей определяют расчетом. Закрепление щитов в вертикальном положении осуществляют деревянными подкосами, устанавливаемыми с шагом 1500 мм. При наличии на стройплощадке инвентарных подкосов или телескопических стоек можно применять их в качестве подкосов.

В качестве палубы индивидуальной опалубки следует применять водостойкую ламинированную фанеру, термопрессованные опалубочные плиты, и доски. Применять неводостойкую фанеру, деревостружечные и деревоволокнистые плиты допускается только для одноразового использования для бетонных конструкций, к качеству поверхности которых не предъявляются высокие требования. Применение неводостойкого материала должно быть технически и экономически обосновано.

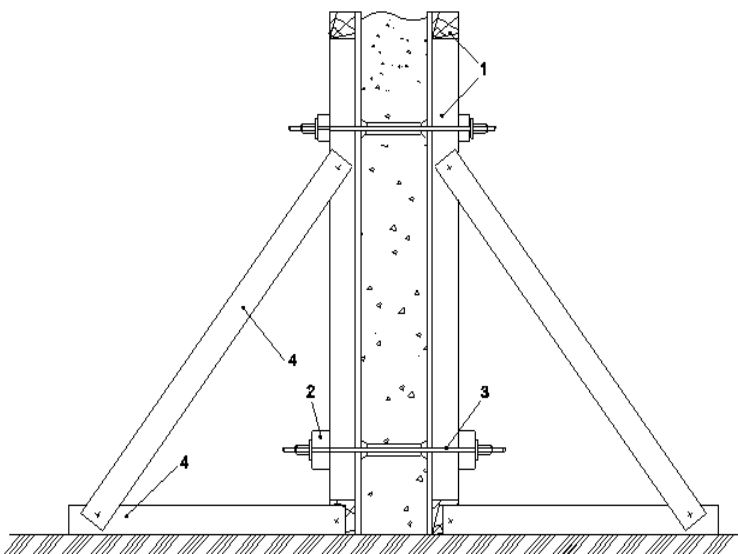


Рисунок Ж.3 — Схема индивидуальной опалубки ленточного фундамента
1 — деревофанерный щит; 2 — выравнивающая деревянная балка; 3 — винтовой тязь;
4 — деревянный подкос

Для возведения **фундаментной сплошной плиты** необходима опалубка для контура плиты. Рекомендуется применять щитовую опалубку, которая будет задействована при возведении вышерасположенных конструкций или индивидуальную дощатую опалубку.

ПРИЛОЖЕНИЕ И (справочное)

Устройство опалубки колонн

Опалубку прямоугольных колонн (рисунок И.1) собирают из двух пар щитов. Ширина одной пары щитов (закладных) равна ширине одной из сторон колонны, а ширина другой пары щитов (накрывных) – ширине другой стороны колонны с добавлением двойной толщины доски. С наружной стороны щиты скрепляют стальными или деревянными хомутами, воспринимающими боковое давление бетонной смеси и усилия от вибрации при ее уплотнении. Хомуты ставят после установки короба.

Опалубку колонн устанавливают следующим образом. Сначала на фундаменте (подколоннике) размечают оси колонн. В процессе бетонирования в фундаменте закладывают деревянные пробки. После разметки осей колонн на фундамент кладут рамку основания таким образом, чтобы ее оси совпали с осями колонны, прочерченными на фундаменте; после этого к фундаменту подносят щиты колонны и приступают к сборке короба, устанавливая его в рамку.

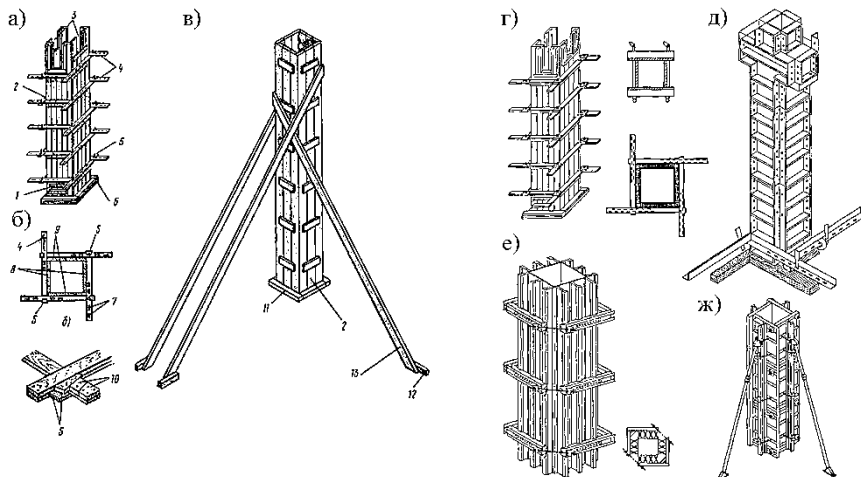


Рисунок И.1 - Опалубка прямоугольных колонн:

а – короб в собранном виде; б – стальной хомут; в – крепление короба колонны подкосами; г - деревянная; д – стальная; е – пластмассовая; ж – фанерная; 1 – дверка; 2 – короб; 3 – вырезы для ввода опалубки балок; 4 – хомуты; 5 – клинья; 6 – рамка основания; 7 – отверстия для клиньев; 8, 9 – щиты; 10 – опорные планки; 11 – рамка; 12 – пробка; 13 – подкос.

После установки короба проверяют точность внутренних размеров, совпадение осей арматуры колонны с осями опалубки, вертикальность установки опалубки. Хомуты на короб ставят после установки и выверки опалубки. Собранные короба, установленные в рамки, в проектное положение при высоте колонн до 6 м закрепляют подкосами.

Схема устройства опалубки круглых колонн приведена на рисунке У.2. Опалубка круглых колонн состоит из двух сегментов металлической трубы, соединяемых специальными винтовыми замками, при диаметре колонн 400 и 500 мм. Высота сегментов до 3000 мм. Выверка и закрепление опалубки колонн производится регулируемыми подкосами в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

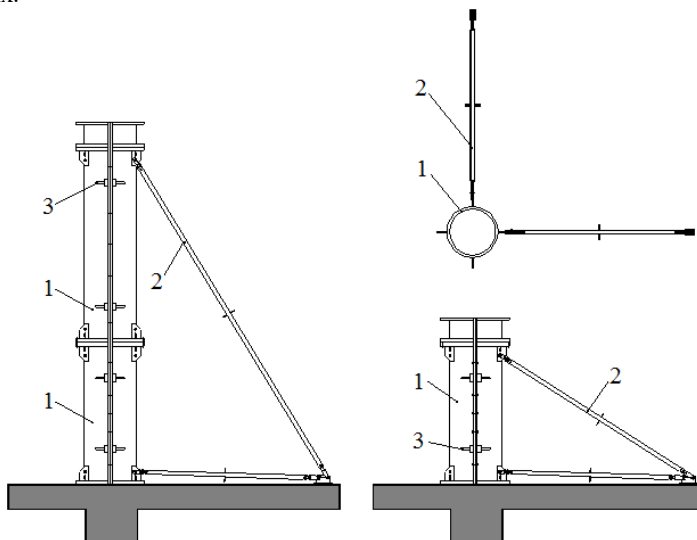


Рисунок И.2 — Схема устройства опалубки круглых колонн:

1 — металлический сегмент; 2 — регулируемый подкос; 3 — винтовой замок

Следует отметить, что колонны круглого или овального сечения опалубить дороже, чем прямоугольные. Капитали монолитных колонн также значительно усложняют опалубочные работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ К (рекомендуемое)

Пример расчета параметров твердения бетона методом термоса

Требуется определить параметры режима твердения бетона методом термоса с предварительным разогревом бетонной смеси перед укладкой в опалубку при устройстве монолитного железобетонного фундамента для монолитной колонны с подколонником по следующим исходным данным:

— конструкция — трехступенчатый железобетонный фундамент (подошва 1,8×1,8 м, высота и шаг ступени — 0,3 м) с подколонником (сечение 0,6×0,6 м при высоте 1,5 м) с объемом бетона $V_6 = 2,6 \text{ м}^3$, общей площадью поверхности:

$$F_T = 15,2 \text{ м}^2, M_{\text{п}} = 15,2/2,6 = 5,85 \text{ м}^{-1};$$

— то же, при отогреве основания, т. е. без его учета:

$$F_T = 12 \text{ м}^2, M_{\text{п}} = 12/2,6 = 4,6 \text{ м}^{-1}$$

— бетон тяжелый класса $C^{20/25}$, портландцемент марки 400, расход бетона — 370 кг/м³, содержание C_3A — менее 7 %;

— расход арматурной стали — 35 кг на 1 м³ бетона при коэффициенте армирования менее 1 %;

— опалубка — стальная блок-форма. На период твердения бетона укрывается стегаными минерало-ватными матами с общим коэффициентом теплопередачи $K_T = 1,27$ (при скорости ветра $v_{\text{max}} = 5 \text{ м/с}$); расчетное сечение — сталь $\delta = 3 \text{ мм}$, вата минеральная $\delta = 55 \text{ мм}$.

Планируемая оборачиваемость опалубки — 2 сут;

— расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{н.в.}} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$;

— предварительный разогрев бетона производят электротокком при $U=200\text{В}$ в специальных поворотных бадьях. Подача к опалубке бетонной смеси выполняется краном на расстояние $L=6 \text{ м}$. Уплотнение осуществляют глубинным вибратором типа ИВ-47В ($d_n=0,8 \text{ м}$) при расчетной высоте слоя $h = 0,3 \text{ м}$ (по высоте ступеней) и продолжительности вибрирования на одной постановке вибратора $\tau_v = 25 \text{ с}$;

— основание — уплотненная подготовка из песчано-гравийной смеси (ПГС) при $W_{\text{п}} \approx 10 \text{ \%}$.

Расчет производят по методике раздела 6 [7].

Определяют расчетное значение критической прочности бетона класса $C^{20/25}$ $f_{\text{ст,кр}}^*$, которая, согласно (таблица 4.9), для рассматриваемого случая должна быть не менее 40 % от проектной прочности, т. е. $f_{\text{ст,кр}} = 0,4 f_{\text{ст}}$, или (при обеспеченности 0,95 и коэффициенте вариации 13,5 %)

$$f_{\text{ст,кр}} \geq 0,4 \cdot 25 / 0,7786 \geq 13 \text{ МПа.}$$

Определяют среднюю температуру твердения бетона С20/25 по таблице 4.4, необходимую для обеспечения прочности $f_{cm,sp} = 0,4 f_{cm}$, которая при планируемой оборачиваемости 2 сут соответствует $f_{sp}=20$ °С.

Определяют конечную температуру бетона к моменту снятия опалубки, которая должна обеспечивать безопасный перепад температур не более 20 °С при $M_{п} < 5 \text{ м}^{-1}$ в соответствии с таблицей 4.2.

При $t_{н.в} = -15$ °С температура бетона $t_{бк}$ не должна превышать 5 °С.

Определяют снижение температуры разогретой бетонной смеси при подаче, укладке и уплотнении в опалубке и выполнении финишных работ (укрытие гидро- и теплоизолирующим покрытием) по разделу 5 [7].

Таблица 4.10— Относительное снижение температуры бетонной смеси $\Delta t'_i$

Наименование и условия выполнения операций	$\Delta t'_i$, °С/(°С·мин), °С/(°С·м) (поз. 3), °С/(°С·м ²) (поз. 5)
1 Загрузка (погрузка или перегрузка) смеси (1 раз)	0,032
2 Транспортирование смеси: самосвалами вместимостью, м ³ : до 2 “ 3,2 автобетоновозом с теплоизолирующей кузовом (до 3,2 м ³) автобадьевоном (до 1,6 м ³) автобетоносмесителями вместимостью, м ³ : до 2,5 “ 3,5 “ 5 более 5 то же, в зимнем исполнении	0,003 0,0025 0,00022 0,0009 0,0024 0,0019 0,0014 0,001 0,0004
3 Подача смеси к месту укладки в опалубку: нагнетательными методами, по бетоноводу на 1 м длины, без утепления бетоновода то же, с утеплением бетоновода в поворотных (неповоротных) бункерах (бадьях) краном на высоту Н, м, на каждый метр шахтным подъемником в утепленной шахте высотой Н, м, на каждый метр	0,003 0,001 0,0022 0,001

Наименование и условия выполнения операций	$\Delta t'_i$, °C/(°C·мин), °C/(°C·м) (поз. 3), °C/(°C·м ²) (поз. 5)
4 Укладка и уплотнение бетона в конструкцию с минимальным размером или толщиной слоя бетона, м:	
0,06	0,03
0,10	0,018
0,15	0,012
0,2	0,009
0,3	0,007
0,4	0,006
0,5	0,004
0,6	0,003
5 Заглаживание и гидротеплоизоляция поверхности, на 1 м ²	0,001
6 Установка электродов после укладки бетона, за 1 мин	0,001
7 Подключение электродов, греющих проводов, намотка провода индуктора и его подключение после гидро- и теплоизоляции бетона	0,0004

Относительное снижение температуры смеси при подаче к опалубке определяют по формуле (4.16) и данным **таблицы 4.10**, поз.3:

$$\Delta t_4 = \Delta t'_6 L_6, \quad (4.16)$$

где $\Delta t'_6$ — относительное снижение температуры бетонной смеси при подаче ее в опалубку по бетоноводу краном на 1м ее перемещения, принимаемое по поз. 3 таблицы 4.11, °C/(°C·м);

L_6 — расстояние (высота) подачи бункера (бадьи) краном, м.

$$\Delta t_4 = 0,0022 \cdot 6 = 0,0132.$$

Производительность работ по укладке и уплотнению бетона одного слоя $h = 0,3$ м глубинным вибратором при $b_v = 0,8$ м, $\tau_6 = 25$ с, $\tau_{пер} \approx 5$ с, рассчитывают по формуле (4,17):

$$P_v = K_n b_v d h_v \cdot \frac{60}{\tau_v + \tau_{пер}} \quad (4.17)$$

где K_n — коэффициент использования вибратора, принимаемый равным 0,85;

b_v — ширина слоя уплотняемой смеси в опалубке, м, (при $b_v > d/2$ принимают равной $d/2$);

d — диаметр сферы действия вибратора, м, который принимают по справочным данным. В расчетах допускается принимать $d = 0,6-1$ м;

h_v — высота слоя уплотняемого бетона, м;

- τ_v — минимально необходимая продолжительность вибрирования, с;
 $\tau_{пер}$ — продолжительность перестановки вибратора, с, принимаемая равной 5–10 с.

$$P_y = 8,85 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,3 \cdot \frac{60}{25 + 5} = 0,163 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Продолжительность укладки и уплотнения бетона ($V_6 = 2,6 \text{ м}^3$) в конструкции определяют по формуле (4.18):

$$\tau_5 = V_6 / P_y \quad (4.18)$$

где V_6 — объем укладываемого бетона, м^3 .

P_y — производительность укладки бетонной смеси в опалубку (за хватку), $\text{м}^3/\text{мин.}$

$$\tau_5 = 2,6/0,163 = 16 \text{ мин.}$$

По данным **таблицы 4.10**, поз.5 находят относительное снижение температуры на финишных работах при площади поверхности бетона $F = 12 \text{ м}^2$:

$$\Delta t = 0,001 \cdot 12 = 0,012.$$

Суммарное относительное снижение температуры при укладке смеси составит:

$$\sum_{i=1}^3 \Delta t_i = 0,0132 + 0,007 \cdot 16 + 0,012 \approx 0,14$$

Снижение температуры бетонной смеси определяют по формуле (4.19):

$$t_{см} = \frac{t_{6,н} - t_{н,в} \sum_{i=1}^n \Delta t_i}{1 - \sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (4.19)$$

где $t_{6,н}$ — нормируемая температура бетонной смеси для разогрева перед укладкой в опалубку, °С; $t_{6,н} \geq 0$ °С; $t_{6,н} \geq 20$ °С — при подаче бетонной смеси в опалубку нагнетательными способами;

$t_{н,в}$ — температура наружного воздуха, °С;

— относительное снижение температуры бетонной смеси на протяжении технологического цикла, доли ед.

$$\sum_{i=1}^n \Delta t_i$$

$$t_{укл} = \frac{0 - (-15) \cdot 0,14}{1 - 0,14} \approx 2,5^\circ\text{C}$$

По формуле (4.20) рассчитывают температуру предварительного разогрева бетонной смеси:

$$t_{раз} = \frac{(t_{сп} - t_{6к}) \cdot (1,03 + 0,181M_n)}{1 - 0,006 \cdot (t_{сп} - t_{6к})} + t_{укл} \quad (4.20)$$

где $M_{пп}$ — модуль теплоотдающей поверхности бетонируемой конструкции, m^{-1} ,

$t_{бк}$ — температура бетона к началу снятия опалубки, °С;

$t_{укл}$ — снижение температуры при укладке бетонной смеси в опалубку, °С,

$$t_{раз} = \frac{(20 - 5) \cdot (1,03 + 0,181 \cdot 5,85)}{1 - 0,006 \cdot (20 - 5)} + 2,5 \approx 33^{\circ}\text{C}$$

Производят уточнение температуры разогрева бетонной смеси с учетом ее потерь на нагрев опалубки, арматуры и отогрев основания по формуле (4.3).

Тепловые затраты на нагрев опалубки площадью $F = 12 \text{ м}^2$ (сталь $\delta = 3 \text{ мм}$, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $c = 0,48 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$) с гидротеплоизолирующим покрывалом из прошивных минераловатных матов ($\delta = 55 \text{ мм}$, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$, $c = 0,76 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$) определяют по формуле (4.4):

$$Q_{оп} = [20 - (-15)] \cdot (0,48 \cdot 12 \cdot 0,003 \cdot 7800 + 0,76 \cdot 12 \cdot 0,055 \cdot 100) = 6475 \text{ кДж}$$

Определяют тепловые затраты на отогрев основания площадью $F = 3,24 \text{ м}^2$ — подготовка из ПГС с $W \approx 10 \%$, средней плотностью $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $c \approx 1,15 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ (см. таблицу 4.4), при отогреве на $h = 0,3 \text{ м}$ до положительной температуры (например, до $t_{от} = 20^{\circ}\text{C}$), по формуле (4.5):

$$Q_{осн} = 1,15 \cdot 1600 \cdot (3,24 \cdot 0,3) \cdot [5 - (-15)] = 35770 \text{ кДж}$$

По формуле (4.3) определяют уточненное значение температуры бетонной смеси с учетом общих тепловых потерь:

$$t'_{раз} = \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot 2,6 \cdot 33 - 0,48 \cdot 35 \cdot 2,6 \cdot [20 - (-15)] - 6475 - 35770}{1,05 \cdot 2400 \cdot 2,6 + 0,48 \cdot 35 \cdot 2,6 + 185 + 1,15 \cdot 1600 \cdot 3,24 \cdot 0,3} \approx 20^{\circ}\text{C}$$

Уточненное значение температуры бетонной смеси с учетом потерь на нагрев арматуры и опалубки (без отогрева основания) составит:

$$t'_{раз} = \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot 2,6 \cdot 33 - 0,48 \cdot 35 \cdot 2,6 \cdot [20 - (-15)] - 6475}{1,05 \cdot 2400 \cdot 2,6 + 0,48 \cdot 35 \cdot 2,6 + 185} \approx 31^{\circ}\text{C}$$

Для компенсации потерь тепла бетонной смеси на нагрев опалубки и арматуры следует увеличить температуру ее предварительного разогрева по формуле (4.7):

$$t''_{раз} = 33 + (33 - 31) = 35^{\circ}\text{C}$$

и отогреть основание перед укладкой бетона в опалубку.

Если по условиям производства работ отогреть основание не представляется возможным, температуру разогрева бетонной смеси следует увеличить:

$$t''_{\text{раз}} = 33 + (33 - 20) = 46^\circ\text{C}$$

Учитывая, что при указанном повышении температуры предварительного разогрева бетонной смеси обеспечивается условие поддержания ее средней за период твердения бетона на расчетном уровне ($t_{\text{ср}} \geq 20^\circ\text{C}$), необходимо проверить продолжительность остывания бетона $\tau_{\text{ост}}$ по формуле (4.9) без учета экзотермии цемента [17]:

$$\tau_{\text{ост}} = \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot (33 - 5)}{3,6 \cdot 1,27 \cdot 5,85 \cdot [20 - (-15)]} \approx 75 \text{ ч.}$$

т. е. $\tau_{\text{ост}} \geq 3$ сут, что больше расчетного $\tau_{\text{выд}} = 2$ сут. При этом обеспечивается температурный режим твердения бетона для достижения расчетной прочности

$$f_{\text{ср}, \text{кр}} = 0,4 f_{\text{ср}}.$$

При необходимости определяют возможность твердения бетона без увеличения температуры предварительного разогрева смеси. Для этого уточняют продолжительность остывания бетона в опалубке по формуле (4.9) и ожидаемую прочность бетона.

В случае если основание отогревают, а температуру разогрева ($t_{\text{раз}} = 33^\circ\text{C}$) бетонной смеси не увеличивают, т. е. пренебрегают потерями тепла на нагрев арматуры и опалубки, по формуле (4.8) рассчитывают среднюю температуру бетона:

$$t'_{\text{ср}} = 5 + \frac{31 - 5}{1,03 + 0,181 - 4,6 + 0,006 \cdot (31 - 5)} = 18^\circ\text{C}$$

По формуле (4.9) вычисляют продолжительность остывания бетона:

$$\tau_{\text{ост}} = \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot (31 - 5)}{3,6 \cdot 1,27 \cdot 4,6 \cdot [18 - (-15)]} \approx 94,4 \text{ ч} \approx 3,9 \text{ сут.}$$

Условие $\tau_{\text{ост}} > \tau_{\text{выд}}$ выполняется, что обеспечивает в период $\tau_{\text{ост}} > 2$ сут твердение бетона при положительной температуре (выше 5°C).

По таблице 4.2 путем интерполяции уточняют расчетное значение прочности бетона, обеспечиваемое за требуемое по условию время $\tau_{\text{ост}} = 2$ сут при $t'_{\text{ср}} = 18^\circ\text{C}$. Оно составляет:

$$f'_{\text{ср}, \text{кр}} = 25 + \frac{40 - 25}{10} \cdot 8 \approx 37\%, \text{ что меньше требуемых } 40\%.$$

Уточняем продолжительность твердения бетона при $t'_{\text{ср}} = 18^\circ\text{C}$, обеспечивающую достижение требуемой критической прочности.

Прочность бетона за время твердения 3 сут при температуре $t'_{\text{ср}} = 18^\circ\text{C}$ составит:

$$f'_{cm,5} = 37 + \frac{50 - 37}{10} \cdot 8 \approx 47,4\%$$

тогда требуемая продолжительность выдерживания бетона до $f_{cm,кр} = 40\%$ составит:

$$t'_{выд} = 48 + \frac{(40 - 37) \cdot 24}{47,4 - 37} \approx 55 \text{ ч.}$$

В случае если пренебрегают общими потерями тепла на нагрев арматуры и опалубки и отогрев основания, средняя температура бетона

$$t''_{ср} = 5 + \frac{20 - 5}{1,03 + 0,181 \cdot 5,85 + 0,006 \cdot (20 - 5)} = 12^\circ\text{C}$$

Продолжительность остывания бетона

$$t_{ост} = \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot (12 - 5)}{3,6 \cdot 1,27 \cdot 5,85 \cdot [12 - (-15)]} \approx 24,4 \text{ ч.}$$

В этом случае за 1 сут твердения прочность бетона достигнет примерно 14 %, т. е. требуемая прочность не будет обеспечена.

При производстве работ без предварительного отогрева основания и обогрева опалубки и арматуры температура предварительного разогрева бетонной смеси перед укладкой должна быть: $t_{раз} \geq 46^\circ\text{C}$ для обеспечения за 48 ч твердения прочность:

$$f_{cm,кр} = 0,4 f_{cm}.$$

В случае отогрева основания, но без предварительного обогрева опалубки и арматуры $t_{раз} \geq 35^\circ\text{C}$.

В случае отогрева основания, опалубки и арматуры $t_{раз} \geq 33^\circ\text{C}$.

Вариант производства работ без отогрева основания, опалубки и арматуры при разогреве бетонной смеси до $t_{раз} = 33^\circ\text{C}$ неприемлем, т. к. не обеспечивает достижение расчетной прочности бетона за требуемый период твердения.

Расчет энергетических затрат, параметров тока и основного оборудования для разогрева бетонной смеси при расстоянии между пластинчатыми электродами $b = 0,3$ м и температуре бетонной смеси к началу разогрева около 5°C (крупность зерен заполнителя — до 20 мм), принятая продолжительность разогрева — 10 мин, напряжение $U = 220$ В.

$$I = \frac{220 \cdot 2,6}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 0,3^2} \approx 550 \text{ А.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Л *(рекомендуемое)*

Перечень опалубочных работ в составе ППР и технологических картах

Проект производства работ (ППР) должен включать:

- комплекты опалубочных элементов;
- детальные схемы монтажа, демонтажа и укрупнительной сборки опалубки;
- схемы разбивки на технологические захватки и способы устройства рабочих и температурно-осадочных (деформационных) швов;
- последовательность и скорость бетонирования;
- схемы монтажа опорной системы опалубки (башни, телескопические стойки и т. п.);
- схемы размещения и порядок установки и снятия страховочных опорных элементов;
- специальные способы крепления опалубки сложных конструкций (наклонная стена, криволинейные элементы, арки, лестницы и т. п.);
- способы выверки проектного положения и распалубки специальных конструкций (шахты лифтов, арки, своды, проеомобразователи и т. п.);
- средства подмащивания и допускаемые нагрузки на них;
- данные по несущей способности опалубочных элементов;
- рекомендуемые типы смазок опалубки;
- мероприятия по безопасному ведению работ;
- другие данные, необходимые подрядной организации для производства работ, в том числе инструкция по монтажу и эксплуатации опалубки, согласно СТБ 1110.

Технологическая карта на опалубочные работы должна дополнительно включать в себя следующую информацию:

- Типы применяемой опалубки, материалы для ее изготовления и их технические характеристики.
- Последовательность монтажа и демонтажа опалубки.
- Установка и снятие страховочных подпорок.
- Схемы расстановки тяжей, обвязки и раскосов горизонтального крепления опалубки.
- Распалубочная прочность бетона, прочность бетона монолитных конструкций, допускающая технологические нагрузки при бетонировании вышележащих конструкций.

- Расчетные нагрузки на нижележащие монолитные конструкции, если эти значения влияют на схему установки опалубки при возведении многоэтажных зданий.
- Способы корректировки положения опалубки.
- Схемы устройства опорных лесов.
- Необходимость устройства технологических отверстий.
- Схемы изготовления шаблонов и способы их фиксации и установки.
- Применение уплотнительных лент и смазка опалубки.
- Схемы разбивки на технологические захваты и устройство рабочих швов.
- Способы устройства фасок.
- Способы установки и крепления дверных, оконных и технологических проемообразователей.
- Нормы установки на смонтированной опалубке технологического оборудования и материалов.
- Схемы укрупнительной сборки и приспособления для захвата и монтажа опалубки.
- Общая спецификация опалубочных элементов.
- Статический расчет опалубки и опорных систем для сложных объектов.

ПРИЛОЖЕНИЕ М
(рекомендуемое)

Примеры калькуляций затрат труда и графика производства работ

Пример 1.

Калькуляция затрат труда составлена для возведения монолитной железобетонной стены высотой 6 м, толщиной 0,5 м при бетонировании с помощью автобетононасоса (на 1 захватку). В калькуляции (в графе 4) обоснование принятых норм следует давать подробно (например, § 5-1-1, табл. 2, п. 2).

Таблица М.1- Калькуляция затрат труда

Наименование процессов	Единица измерения	Объем работ	Обоснование (НЗТ, ЕНиР и др. нормы)	Норма времени		Затраты труда		Время пребывания машины на объекте, маш.-ч
				рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	
<i>1.Разгрузка с транспортных средств элементов опалубки, арматурных изделий, инвентаря и приспособлений</i>	100 т	2,035	§Е1-5, табл. 2, п. 2	12	6,1	24,42	12,41	12,41
<i>2.Сортировка элементов опалубки, арматурных изделий и подача к</i>	1 т	200,5	§Е5-	0,65	0,32	130,32	64,16	64,16

Наименование процессов	Единица измерения	Объем работ	Обоснование (НЗТ, ЕНиР и др. нормы)	Норма времени		Затраты труда		Время пребывания машины на объекте, маш.-ч
				рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	
<i>месту работ</i>								
<i>3. Укрупнительная сборка панелей опалубки стен</i>	м ²	1390	§Е4-	0,38	-	528,20	-	-
<i>4. Монтаж крупнощитовой металлической опалубки стен</i>	м ²	1390	§Е4-	0,24	0,08	333,60	111,2	111,2
<i>5. Установка прокладок-компенсаторов между панелями опалубки</i>	100 м заделки	3	§Е4-1	6,6	-	19,80	-	
<i>6. Установка доборов из отдельных щитов</i>	м ²	80	§Е4-	0,39	-	31,20	-	
<i>7. Монтаж навесных площадок</i>	шт.	180	§Е5-1-2	0,27	0,14	48,60	25,20	25,2
8. Кладка	шт.	122	§Е4-	0,79	0,395	96,38	48,19	48,19

Наименование процессов	Единица измерения	Объем работ	Обоснование (НЗТ, ЕНиР и др. нормы)	Норма времени		Затраты труда		Время пребывания машины на объекте, маш.-ч
				рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	
арматурных сеток								
9. Кладка арматурных каркасов	т	64	ВниР,	2,97	0,594	190,1	38,02	38,02
10. Кладка арматуры из отдельных стержней	т	8,5	§Е4	15	-	127,5	-	-
11. Монтажная сварка	100 соединений	39	ВНиР	1,3	-	50,7	-	-
12. Прием бетонной смеси	100 м ³	3.70	Е4	0	-	0	-	-
13. Подача бетонной смеси	т	925	Расчет.№ 1	0	0	0	0	-
14. Укладка бетонной смеси	м ³	370	Расчет № 2	0,18	0,125	66,3	46,25	23,12
15. Поливка бетонных поверхностей водой	100 м ²	176,4	Е4-	0,14	-	24,70	-	-
16. Демонтаж навесных площадок	шт.	180	Е5	0,216	0,112	38,88	20,16	20,16
17. Демонтаж крупнощитовой опалубки	м ²	1390	Е4-	0,14	0,047	194,60	65,33	65,33
18. Разборка	м ²	80	Е4-	0,21	-	16,80	-	

Наименование процессов	Единица измерения	Объем работ	Обоснование (НЗТ, ЕНиР и др. нормы)	Норма времени		Затраты труда		Время пребывания машины на объекте, маш.-ч
				рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)	
<i>доборов</i>								
19. Погрузка элементов опалубки, инвентаря и приспособлений	100 т	1,184	E1	12	6,1	14,21	7,22	7,22
Итого:						1936,6	438,14	415,01

Пример 2.

Пример графика производства работ составлен для возведения монолитной железобетонной стены высотой 6 м, толщиной 0,5 м при бетонировании с помощью автобетононасоса.

Таблица М.2 - График производства работ

Наименование процесса	Единица измерения	Объем работ	Затраты труда		Принятый состав звена	Продолжительность Процесса, ч	Рабочие смены									
			рабочих, чел.-ч	машиниста, чел.-ч (маш.-ч)			3	6	9	12	15	18	21	24		
Разгрузка, сортировка и установка опалубки (п.п. 1,2,3,4,5,6,7 по	100 м ³	3,7	587,94	212,97	<u>Звено № 1</u> Слесари монтажники:	212,97										

калькуляции)					4 р. – 1 3 р. - 1 2 р. – 1 Машилист 5 р. - 1									
Укрупнительная сборка панелей опалубки (п. 4 по калькуляции)	“	“	528,2	-	<u>Звено № 2</u> Слесари строительные : 4 р. – 2 3 р. - 2	135,05								

Пример 3.

Разработка калькуляции затрат труда приведена на монтаж и демонтаж стальных опалубочных форм.

Таблица М.3 - Калькуляция затрат труда на монтаж и демонтаж стальных опалубочных форм

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем работ, чел.-ч (маш.-ч)
<u>Раздел 1. Вспомогательные работы</u>					
	Разгрузка рам и щитов опалубки с транспортных средств	100 т	0,014	<u>15,4</u> (7,7)	<u>0,22</u> (0,11)

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем работ, чел.-ч (маш.-ч)
	Сортировка и подача рам и щитов опалубки к месту складирования и укрупнения	1 т	1,362	<u>0,7</u> (0,23)	<u>0,95</u> (0,31)
	Укрупнительная сборка опалубки	<u>элемент</u> 1 т	<u>1</u> 0,899	<u>1,45</u> (0,29)	<u>1,45</u> (0,26)
	То же	"	<u>1</u> 0,319	<u>1,25</u> (0,25)	<u>1,25</u> (0,08)
	Итого на вспомогательные работы по монтажу и демонтажу опалубки одного фундамента				<u>3,87</u> (0,76)
	То же, на 1 м ² опалубки				<u>0,27</u> (0,05)
Раздел 2. Монтаж					
По данным расчетным данным	Монтаж опалубки. Установка блоков опалубки	1 м ²	14,40	<u>0,14</u> (0,07)	<u>2,02</u> (1,0)
	Установка вкладышей	100 шт.	0,01	<u>9,9</u> -	<u>0,10</u> -
	Установка подмостей	1 м ²	1,03	<u>0,37</u> -	<u>0,38</u> -
	Смазка опалубки перед бетонированием эмульсией	100 м ²	0,18	<u>1,5</u> -	<u>0,27</u> -
	Итого на монтаж опалубки одного фундамента				<u>2,77</u> (1,00)

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем работ, чел.-ч (маш.-ч)
	То же, на 1 м ² опалубки				<u>0,19</u> (0,07)
	Всего на 1 м ² опалубки (раздел 1 + раздел 2)				<u>0,46</u> (0,12)
<u>Демонтаж опалубки</u>					
	Демонтаж опалубки блоков и башмачной части	1 м ²	14,40	<u>0,11</u> (0,055)	<u>1,58</u> (0,79)
	Демонтаж вкладышей	100 шт.	0,01	<u>8,5</u> -	<u>0,09</u> -
	Демонтаж подмостей	1 м ²	1,03	<u>0,26</u> -	<u>0,27</u> -
	Очистка опалубки от налипшего бетона и старой смазки	100 м ²	0,18	<u>3,8</u> -	<u>0,68</u> -
	Итого на демонтаж опалубки одного фундамента				<u>2,62</u> (0,79)
	То же, на 1 м ² опалубки				<u>0,18</u> (0,05)

Пример 4.

Разработка калькуляции затрат труда приведена на монтаж и демонтаж разборно-переставной опалубки

Таблица М.4 - Калькуляция затрат труда на монтаж и демонтаж разборно-переставной опалубки

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем работ, чел.-ч (маш.-ч)
<u>Раздел 1. Подготовительные работы</u>					
	Разгрузка щитов опалубки с транспортных средств	100 т	0,018	<u>15,4</u> (7,7)	<u>0,28</u> (0,14)
	Сортировка и подача щитов опалубки к месту складирования	1 т	1,81	<u>1,5</u> -	<u>2,72</u> -
	Итого на опалубку одного фундамента				<u>3,0</u> (0,14)
	То же, на 1 м ² опалубки				<u>0,21</u> (0,01)
<u>Раздел 2. Монтаж опалубки</u>					
	Установка щитовой опалубки	1 м ²	14,40	<u>0,38</u> (0,19)	<u>5,47</u> (2,74)
	Установка вкладышей	100 шт.	0,01	<u>9,9</u> -	<u>0,10</u> -
	Установка подмостей	1 м ²	1,03	<u>0,37</u> -	<u>0,38</u> -
	Смазка опалубки перед бетонированием эмульсией	100 м ²	0,18	<u>1,5</u> -	<u>0,27</u> -
	Итого на опалубку одного фундамента				<u>6,22</u> (2,74)
	То же, на 1 м ² опалубки				<u>0,43</u> (0,19)
	Всего на 1 м ² опалубки (раздел 1 + раздел 2)				<u>0,64</u> (0,20)

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем работ, чел.-ч (маш.-ч)
<u>Раздел 3. Демонтаж опалубки</u>					
	Демонтаж опалубки	1 м ²	14,40	<u>0,22</u> (0,11)	<u>3,17</u> (1,58)
	Демонтаж вкладышей	100 шт.	0,01	<u>8,5</u> -	<u>0,09</u> -
	Демонтаж подмостей	1 м ²	1,03	<u>0,26</u> -	<u>0,27</u> -
	Очистка опалубки от налипшего бетона и старой смазки	100 м ²	0,18	<u>3,8</u> -	<u>0,68</u> -
	Итого на демонтаж опалубки одного фундамента				<u>4,21</u> (1,58)
	То же, на 1 м ² опалубки				<u>0,29</u> (0,11)

Пример 5.

Разработка калькуляции затрат труда приведена **на устройство опалубки** (погрузо-разгрузочные работы и опалубочные работы предусмотрены автомобильным краном грузоподъемностью 6,3 т).

Таблица М.5 - Калькуляция затрат труда на устройство опалубки

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем, чел.-день (маш.-смена)
	1. Монтаж и демонтаж опалубки				
	Разгрузка щитов опалубки с транспортных средств	100 т	0,445	30,4 (15,2)	1,65 (0,82)
	Сортировка и подача щитов опалубки к месту складирования и укрупнения	т	44,53	0,7 (0,19)	3,80 (1,03)
	Укрупнительная сборка щитов опалубки	шт.	117 37,3	1,45 1,25 (0,19)	20,69 5,69 (0,86)
	Подача краном укрупненных панелей опалубки массой до 1 т при средней высоте 24 м	100 подъёмов	0,41	18,8 (9,8)	0,94 (0,49)
	Подача краном прочих конструкций	100 т	0,072	49,6 (24,8)	0,44 (0,22)
	Установка крупнощитовой опалубки	м ²	516	0,4	25,17
	Установка проёмобразователей	м	69	0,089	0,75
	Установка добора	м ² стен	5,4	0,38	0,25
	Установка кронштейнов навесных подмостей	т	1,97	28,9	6,94
	Монтаж навесных подмостей	м ²	147	0,47	8,42

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч (маш.-ч)	Затраты труда на весь объем, чел.-день (маш.-смена)
	Демонтаж крупнощитовой опалубки	м ²	516	0,125	7,86
	Разборка добора	м ²	5,4	0,22	0,14
	Демонтаж навесных подмостей	м ²	147	0,33	5,92
	ИТОГО:				88,66 (3,42)
	То же, на 1 м ² опалубливаемой конструкции				0,172 (0,01)
	В том числе: монтаж				0,145 (0,01)
	демонтаж				

ПРИЛОЖЕНИЕ Н
(справочное)

Контроль технологических процессов монтажа опалубки

Таблица М.5 - Карта контроля технологических процессов на монтаж опалубки

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля, объем контроля	Исполнитель контроля или проведения испытаний	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов в журнале контроля
	Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ (СТБ 1306)										
Опалубка (элементы опалубки)	Соответствие элементов опалубки требованиям СТБ 1110	В соответствии требований проектной документации и СТБ 1110	-	Строительный объект	Каждый элемент опалубки	Мастер (прораб), служба качества	Визуальный по СТБ 1306	По документам о качестве на поставляемую продукцию	-	Журнал входного контроля
ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ										
Опалубка (монтаж)	Комплектность и состояние элементов опалубки проектной документации и требованиям ТИПА	В соответствии требований проектной документации и ТИПА	В пределах значений, установленных ТНПА	-//-	Каждый элемент опалубки	-//-	Визуальный	То же	-	-//-

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля, объем контроля	Исполнитель контроля или проведения испытаний	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов в контроле
	Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
Опалубка* (монтаж)	Очистка элементов опалубки	Наличие грязи, бетона, ржавчины, снега и наледи, следов сварки и т.п.	Не допускается	-/-	Каждая лицевая поверхность опалубки	-/-	-/-	-	-	-/-
Опалубка (элементы опалубки)	Соответствие смазки опалубки требованиям проектной документации и требованиям ТНПА	В соответствии требований проектной документации и ТНПА	-	-/-	Каждый лицевая поверхность опалубки	Мастер (прораб)	Визуальный	-	-	Журнал производства работ
Опалубка (монтаж)	Разметка мест установки опалубки	В соответствии требований проектной документации	В пределах значений, установленных ТНПА	-/-	Каждый элемент опалубки	-/-	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502 Теодалит по ГОСТ 166	Диапазон измерения от 1 до 3000 мм, Ц.д. 1 мм ТД - 50	-/-
Опалубка (монтаж)	Перепад лицевой поверхности опалубки	В соответствии требований проектной документации и ТНПА	В пределах значений, установленных ТНПА	-/-	Каждый элемент опалубки	-/-	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Штангенциркуль по ГОСТ 166	Ц.д. 1 мм	-/-

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля, объем контроля	Исполнитель контроля или проведения испытаний	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов в контроле
	Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
Опалубка (монтаж)	Зазор в стыковых соединениях	-//-	В пределах значений, установленных ТНПА	-//-	Каждый элемент опалубки	Мастер (прораб)	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Щупы контрольные измерительные №1, №2 по ТУ 2-034-022197-011	По паспорту	Журнал производства работ
Опалубка (монтаж)	Отклонение геометрических размеров собранной опалубки	-//-	В пределах значений, установленных ТНПА	-//-	Каждый формообразующий элемент	Мастер (прораб)	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427 Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502	Диапазон измерений от 1 мм до 300 мм, ц.д. 1 мм Диапазон измерения от 1 до 3000 мм, Ц.д. 1 мм	Журнал производства работ
Опалубка (монтаж)	Отклонение от вертикали плоскости щитов на всю высоту	12 мм	-	Строительный объект	Каждый элемент	Мастер (прораб)	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Теодолит по ГОСТ 10529	ТД - 50	Журнал производства работ

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля, объем контроля	Исполнитель контроля или проведения испытаний	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов в контроле
	Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
Опалубка (монтаж)	Отклонение от совмещения рисков геометрических осей в нижнем сечении опалубки с рисками разбивочных осей	±8 мм	-	Строительный объект	Каждый элемент опалубки	Мастер (прораб)	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427 Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502	Диапазон измерений от 1 мм до 300 мм, ц.д. 1 мм Диапазон измерения от 1 до 2000 мм	Журнал производства работ
Опалубка (монтаж)	Комплектность и состояние элементов опалубки проектной документации и требованиям ТНПА	В соответствии требований проектной документации и ТИПА	В пределах значений, установленных ТНПА	Строительный объект	Каждый сборочный элемент опалубки	Мастер (прораб)	Визуальный	-	-	Журнал производства работ
ПРИЁМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ										
Опалубка (монтаж)	Разметка мест установки опалубки	В соответствии требований проектной документации	В пределах значений, установленных ТНПА	Строительный объект	Каждый фундамент	Комиссия	Визуальный осмотр, измерительный по ГОСТ 26433.2	Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502 Теодолит по ГОСТ 10529	Диапазон измерения от 1 до 2000 мм, Ц.д. 1 мм ТД - 50	Акт приёма работ Журнал производства работ

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля, объем контроля	Исполнитель контроля или проведения испытаний	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов в контроле
	Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
Опалубка (монтаж)	Соответствие геометрических размеров собранной опалубки	В соответствии с проектной документацией	В пределах значений, установленных ТНПА	-//-	Каждый фундамент	Комиссия	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427 Рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502	Диапазон измерения от 1 мм до 300 мм, ц.д. 1 мм Диапазон измерения от 1 до 2000 мм, Ц.д. 1 мм	Акт приёмы работ Журнал производства работ
Опалубка (монтаж)	Плотность стыков и сопряжений элементов опалубки	По рабочим чертежам (проектной документации)	В пределах значений, установленных ТНПА	Строительный объект	Каждый элемент опалубки	Комиссия	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Щуп по действующим ТНПА	По паспорту	Акт приёмы работ Журнал производства работ
Опалубка (монтаж)	Соответствие сборки и крепления опалубки	В соответствии требований проектной документации и ТИПА	В пределах значений, установленных ТНПА	-//-	Каждый элемент опалубки	Комиссия	Визуальный	-	-	Акт приёмы работ Журнал производства работ
ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ (СТБ 1306)										

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля, объем контроля	Исполнитель контроля или проведения испытаний	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов в журнале контроля
	Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
Соответствие технических характеристик бетонной смеси проектной документации и ТНПА	Приёмка бетонных смесей: наличие паспортов (сертификатов)	По сопроводительной документации	-	Строительный объект	Каждая поступившая партия продукции	Мастер (прораб)	Визуальный по СТБ 1306	По сопроводительной документации	-	Журнал входного контроля
	Основные технические требования	Согласно ТНПА и проектной документации	-	-/-	Каждая поступившая партия продукции	-/-	Визуальный по СТБ 1306	-/-	-	-/-
Состояние основания	Глубина заложения монолитной плиты	По проектной документации	-	-/-	Сплошной, каждый фундамент	Мастер геодезист	Измерительный по ГОСТ 26433.2	Нивелир и нивелирная рейка по ГОСТ 10528	Ц.д. шкалы оптического микрометра 0,05±0,003 мм	Геодезическая исполнительная схема
Состояние основания	Точность установки опалубки	-/-	-	-/-	Сплошной, каждый фундамент	Мастер прораб	-/-	Рулетка по ГОСТ 7502	Диапазон измерения от 0 до 3 м, ц.д. 1 мм	Журнал производства работ

Учебное издание

ЯШИНА Татьяна Витальевна
АЛЕКСЕЕВА Анна Анатольевна

ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебно-методическое пособие
по курсовому и дипломному проектированию

Редактор Н. А. Дашкевич
Технический редактор В. Н. Кучерова
Корректор Т. А. Пугач

Подписано в печать 00.00.2019 г. Формат 60x84 $\frac{1}{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 5,95. Тираж 150 экз.
Зак. № 000. Изд. № 98

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель