



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологии вяжущих веществ, бетонов  
и строительной керамики»

## **Сборник задач**

для выполнения контрольной работы  
по дисциплине

## **Ускоренные методы твердения**

для обучающихся заочной формы по направлению  
08.03.01 «Строительство»  
профиль «Производство строительных  
материалов, изделий и конструкций»

Автор  
Касторных Л.И.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Методические указания содержат общие указания, задания для выполнения контрольной работы, вопросы для подготовки к сдаче зачета, а также перечень рекомендуемой учебной литературы.

Предназначены для студентов заочной формы обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

## Автор



доцент, канд. техн. наук,  
доцент кафедры  
«Технологии вяжущих  
веществ, бетонов и  
строительной керамики»  
Касторных Любовь Ивановна





## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>Общие методические указания .....</b>	<b>6</b>
<b>Задания для выполнения контрольной работы .....</b>	<b>8</b>
<b>Пример выполнения контрольной работы .....</b>	<b>12</b>
<b>Вопросы для подготовки к зачету .....</b>	<b>17</b>
<b>Список рекомендуемой учебной литературы .....</b>	<b>18</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина **«Ускоренные методы твердения»**, в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования к структуре основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению «Строительство», относится к базовой части профессионального учебного цикла и обеспечивает логическую взаимосвязь между дисциплинами всех учебных циклов.

Целью изучения дисциплины является формирование у бакалавра знаний о влиянии основных технологических факторов на свойства бетона при тепловой обработке, а также умений применять эти знания по определению режимов ускоренного твердения бетона в конкретных условиях производства.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- грамотно использовать теоретические положения ранее изученных дисциплин всех учебных циклов основной образовательной программы;

- рационально и эффективно решать практические задачи в области технологии бетона и железобетона;

- правильно применять основные нормативные документы (государственные стандарты, своды правил, строительные нормы и правила, отраслевые нормы технологического проектирования и др.), регламентирующие технологию производства бетона и железобетона;

- грамотно выполнять и оформлять инженерно-технические и экономические расчеты;

- широко использовать мероприятия, направленные на экономию и рациональное использование энер-

гетических и сырьевых ресурсов, а также на снижение трудоемкости производственных процессов.

Для преподавания дисциплины на кафедре предусмотрены традиционные технологии в рамках аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Аудиторные занятия включают:

— лекции, на которых преподаватель раскрывает наиболее сложные вопросы дисциплины, дает рекомендации о том, каким образом студенты должны работать с рекомендуемой литературой;

— лабораторные работы, предназначенные для приобретения студентами навыков работы на лабораторном оборудовании, а также обработки полученных результатов.

Самостоятельная работа студентов заочной формы обучения включает в себя подготовку к защите лабораторных работ и зачету, а также выполнение контрольной работы, в соответствии с настоящими методическими указаниями.

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Контрольную работу по дисциплине «**Ускоренные методы твердения**» студенты заочной формы обучения по профилю «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» направления «Строительство» выполняют и представляют для проверки в сроки предусмотренные учебным планом – в период между установочной и экзаменационной сессиями соответствующего семестра.

Контрольную работу следует выполнять в соответствии с вариантными заданиями, установленными настоящими методическими указаниями. Номер варианта задания студенту выдает преподаватель на установочной сессии.

Контрольную работу следует оформлять рукописным способом в обычной ученической тетради с полями, объемом 12-14 страниц. Поля предназначены для возможных замечаний преподавателя, рецензирующего контрольную работу. К обложке тетради должен быть приклеен заполненный студентом ярлык, форма которого установлена и выдается деканатом инженерно-строительного факультета.

При написании контрольной работы перед ответом на вопрос следует приводить его номер в соответствии с заданием и формулировку.

Составляя ответы на вопросы, рекомендуется руководствоваться конспектами лекций, методическими указаниями для выполнения лабораторных работ, а также учебниками, учебными пособиями и справочниками, список которых приведен в конце настоящих методических указаний. Студент также может самостоятельно выбирать учебную и справочную литературу или руководствоваться рекомендациями преподавателей, читающих лекции или проводящих лабораторные

занятия и консультации. При использовании Интернет-ресурсов следует отличать научно-техническую и рекламную информацию, и не приводить последнюю в ответах на вопросы.

Подготовленную контрольную работу студент представляет для проверки на кафедре лично или может отправить ее по почте.

После рецензирования контрольная работа с замечаниями преподавателя или без них возвращается студенту и подлежит защите, осуществляемой в форме устного собеседования в день, установленный для этого расписанием экзаменационной сессии. Все замечания преподавателя должны быть устранены студентом до защиты контрольной работы и письменно доработаны в конце тетради, в которой выполнена работа.

При возникновении затруднений в ходе выполнения контрольной работы студентам рекомендуется обратиться за помощью к преподавателю. Для этого на кафедре предусмотрено проведение консультаций преподавателем, осуществляющим рецензирование и прием контрольной работы. Даты и время проведения консультаций указываются в соответствующих графиках.

## Задания для выполнения контрольной работы

Номер	Содержание задания
1	2
1	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона двухветвевых колонн на полуконвейерной линии (марка бетонной смеси БСТ В35 П2, марка цемента ПЦ 500-Д0)
2	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных плит перекрытия на агрегатно-поточной линии (марка бетонной смеси БСТ В25 П1, марка цемента ПЦ 400-Д0)
3	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона комплексных плит покрытия на агрегатно-поточной линии (марка бетонной смеси БСТ В15 П1, марка цемента ПЦ 400-Д5)
4	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных дорожных плит на агрегатно-поточной линии (марка бетонной смеси БСТ В35 П1 F <sub>2</sub> 300 W12 G1, марка цемента ПЦ 500-Д0)
5	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона ригелей длиной 6 м на полуконвейерной линии (марка бетонной смеси БСТ В40 П2, марка цемента ПЦ 500-Д5)
6	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона фундаментных балок длиной 6 м на агрегатно-поточной линии (марка бетонной смеси БСТ В30 П3, марка цемента ПЦ 500-Д0)



## Ускоренные методы твердения

1	2
7	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных аэродромных плит на агрегатно-поточной линии (марка бетонной смеси БСТ В45 П1 F <sub>2</sub> 300 W12 G1, марка цемента ПЦ 500-Д0)
8	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных стоек опор ЛЭП, формуемых на центрифуге (марка бетонной смеси БСТ В40 П2 F <sub>1</sub> 300 W12, марка цемента ПЦ 500-Д0)
9	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона диафрагм жесткости на агрегатно-поточной линии (марка бетонной смеси БСТ В22,5 П2, марка цемента ПЦ 500-Д5)
10	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных подкрановых балок длиной 12 м на полуконвейерной линии (марка бетонной смеси БСТ В40 П2, марка цемента ПЦ 500-Д5)
11	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона трехслойных панелей наружных стен на полуконвейерной линии (марка бетонной смеси БСЛ В10 Ж1 F <sub>1</sub> 50 D800, марка цемента ПЦ 400-Д20)
12	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона панелей перегородок по кассетной технологии (марка бетонной смеси БСТ В15 П4, марка цемента ПЦ 400-Д20)
13	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона панелей внутренних стен по кассетной технологии (марка бетонной смеси БСТ В15 П3, марка цемента ПЦ 400-Д20)

## Ускоренные методы твердения

1	2
14	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона комплексных панелей покрытий КПД на конвейерной линии (марка бетонной смеси БСЛ В10 Ж1 F <sub>1,75</sub> D900, марка цемента ПЦ 400-Д20)
15	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных стоек опор контактной сети, формуемых на центрифуге (марка бетонной смеси БСТ В40 П2 F <sub>1,200</sub> W10, марка цемента ПЦ 500-Д0)
16	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных стропильных балок длиной 18 м по стендовой технологии (марка бетонной смеси БСТ В35 П3, марка цемента ПЦ 500-Д5)
17	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона преднапряженных железобетонных ферм по стендовой технологии (марка бетонной смеси БСТ В40 П3, марка цемента ПЦ 500-Д5)
18	Выбрать тепловую установку и предложить режим ТО (в графической форме) для ускоренного твердения бетона однослойных панелей наружных стен на конвейерной линии (марка бетонной смеси БСЛ В10 Ж1 F <sub>1,75</sub> D900, марка цемента ПЦ 400-Д20)
19	Выбрать способ ускоренного твердения и предложить режим ТО (в графической форме) для бетона преднапряженных многпустотных плит перекрытия, формуемых по безопалубочной технологии на длинных стендах (марка бетонной смеси БСТ В30 П1, марка цемента ПЦ 500-Д0)
20	Выбрать способ ускоренного твердения и предложить режим ТО (в графической форме) для бетона плитных конструкций, формуемых на стационарных формовочных столах по стендовой технологии (марка бетонной смеси БСТ В25 П5, марка цемента ПЦ 500-Д5)

## Ускоренные методы твердения

При обосновании выбора способа ускоренного твердения бетона необходимо:

1 Выбрать тепловую установку и способ ускоренного твердения бетона в соответствии с заданным способом производства продукции;

2 Обосновать максимальную температуру, длительность отдельных периодов ТО и относительную влажность среды в тепловой установке;

3 Представить режим тепловой обработки в графической форме.

## Пример выполнения контрольной работы

Номер	Содержание задания
	Выбрать тепловую установку и предложить режим тепловой обработки (в графической форме) для ускоренного твердения бетона предварительно-напряженных плит покрытия автодорог, формуемых на постах полуконвейерной линии (класс цемента ЦЕМ I 42,5Н, марка бетонной смеси БСТ В35 П4 F <sub>2</sub> 200 W8 G1,)

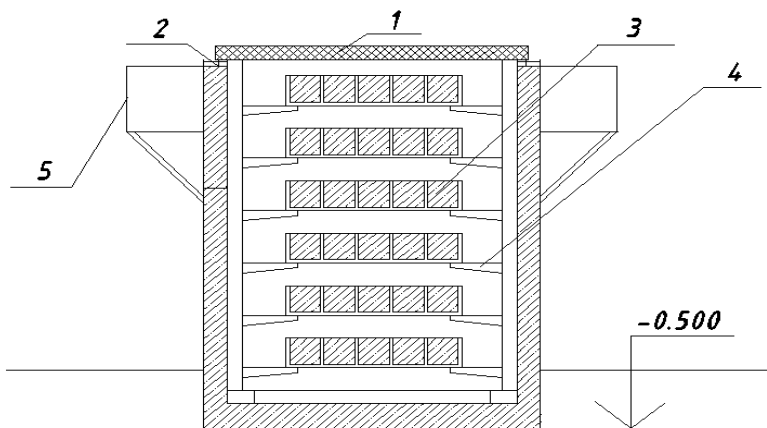
### **1 Выбрать тепловую установку и способ ускоренного твердения бетона в соответствии с заданным способом производства продукции**

1.1 По заданию производство предварительно-напряженных плит покрытия автодорог организовано на постах полуконвейерной линии. Для такого способа изготовления железобетонных изделий ускоренное твердение бетона традиционно осуществляется в камерах периодического действия ямного типа, оснащенных системой КИПиА.

1.2 Выбор способа ускоренного твердения бетона зависит от вида бетона и марки бетонной смеси по удобоукладываемости, а также от конструктивных особенностей тепловой установки. Для железобетонных изделий, формуемых из тяжелого бетона в формах, горизонтально размещаемых в камерах ямного типа, целесообразным способом ТО является пропаривание в среде насыщенного водяного пара при  $T < 100 \text{ }^\circ\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении.

1.3 Формы находятся в камерах на протяжении всего производственного цикла. Количество форм, размещаемых в камере одновременно, зависит от га-

баритных размеров форм и камеры. Схема размещения форм в камере представлена на рисунке 1.



- 1 – крышка камеры; 2 – гидравлический затвор;  
 3 – форма с изделиями; 4 – автоматическая стойка;  
 5 – ограждение площадок для обслуживания камеры
- Рисунок 1 – Схема размещения форм в камере

## 2 Обосновать максимальную температуру, длительность отдельных периодов ТО и относительную влажность среды в тепловой установке

2.1 Цемент класса ЦЕМ I 42,5Н относится к «I» группе эффективности при тепловой обработке ( $K_{\text{л}} = 0,64$ ). Цементы данной группы характеризуются быстрым темпом набора прочности, для которых целесообразной температурой изотермического обогрева является  $t_{\text{из}} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Режим ТО принят в соответствии с требованиями СП130.13330.2011 «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Актуализированная редакция СНиП 3.09.01-85» и с учетом использования комплекса добавок суперпластификатора и воздухово-

влекающего компонента.

2.2 Так как плиты покрытия автодорог являются преднапряженными изделиями с высокими требованиями по морозостойкости и водонепроницаемости, то для них обязательным условием является предварительное выдерживание перед подачей теплоносителя. Длительность предварительного выдерживания отформованных изделий перед тепловой обработкой принимается 2 ч.

Скорость подъема температуры в камере с учетом конструктивных особенностей изделия, конкретных условий производства не должна превышать 20 °С/ч. Принимается скорость подъема температуры в камере 17 °С/ч.

Длительность изотермического прогрева назначается исходя из значения требуемой передаточной прочности – 70 % и максимальной температуры обогрева. Длительность изотермического прогрева – 6,5 ч при  $t_{из} = 80$  °С.

В зимнее время при отрицательных температурах воздуха расчетные параметры режима ТО следует увеличить на 1 – 2 ч за счет периодов подъёма и остывания.

Скорость остывания среды в камере в период снижения температуры изделий из тяжелого бетона не должна превышать 20 °С/ч. При выгрузке изделий из камеры температурный перепад между поверхностью изделий и температурой окружающей среды не должен превышать 20 °С.

2.3 Режим тепловой обработки бетона с применением комплекса добавок принят:  $\tau = 14$  ((2)+3,5+6,5+2) ч. Параметры ускоренного твердения бетона приведены в таблице 1.

Таблица 3.5 – Параметры тепловой обработки бетона преднапряженных плит покрытия автодорог

Параметры	Обозначения, расчетная формула	Величина
Класс бетона		B35
Требуемая прочность бетона, МПа	$R_b$	45,0
Величина отпускной прочности, %/МПа	$R_{omn}$	$\frac{70}{31,5}$
Длительность предварительного выдерживания, ч	$\tau_{пв}$	2
Температура изотермического прогрева, °С	$t_{из}$	80
Скорость подъема температуры, °С /ч	$v_n = \frac{t_n - t_n}{\tau_n}$	17
Относительная влажность среды, %	$\varphi$	95
Длительность периода подъема температуры (при $t_0 = 20$ °С), ч	$\tau_{п} = \frac{t_{пв} - t_0}{v}$	3,5
Длительность изотермического обогрева, ч	$\tau_{из}$	6,5
Длительность остывания, ч	$\tau_{ост}$	2
Температура бетона после остывания, °С	$t_{ост}$	40
Длительность выдержки образцов после ТО перед испытанием, ч	$\tau_{исп}$	4

### 3 Представить режим тепловой обработки в графической форме

3.1 График тепловой обработки предварительно-напряженных плит покрытия автодорог, формируемых из бетонной смеси марки БСТ В35 П4 F<sub>200</sub> W8 G1 представлен на рисунке 2.

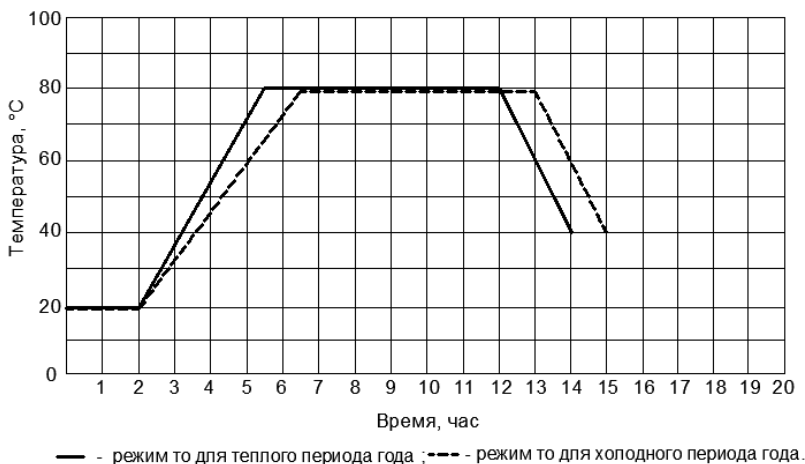


Рисунок 2 – График тепловой обработки бетона



## Вопросы для подготовки к зачету

1. Способы ускорения твердения бетона
2. Положительное и отрицательное влияние тепловой обработки на бетон
3. Факторы, влияющие на эффективность тепловой обработки
4. Технико-экономическое обоснование параметров теплового воздействия
5. Нормативные режимы тепловой обработки
6. Выбор агрегатов тепловой обработки для ускорения твердения бетона
7. Особенности тепловой обработки предварительно-напряженных изделий, изготавливаемых на стандах
8. Особенности тепловой обработки изделий из легкого бетона
9. Тепловая обработка изделий с повышенными требованиями по морозостойкости и водонепроницаемости
10. Тепловая обработка с контактным обогревом в замкнутых формах
11. Использование электрической энергии для ускоренного твердения бетона
12. Тепловая обработка изделий с использованием солнечной энергии и продуктов сгорания природного газа
13. Тепловая обработка изделий в автоклавах
14. Экономия энергии при тепловой обработке бетонов. Рациональные способы и режимы тепловой обработки
15. Применение низкотемпературных и термосных режимов ТО
16. Мероприятий по снижению энергоемкости производства железобетонных изделий.

## Список рекомендуемой учебной литературы

### Основная литература

1. Касторных Л.И. Проектирование предприятий по производству товарного бетона и сборного железобетона. Часть I: учебное пособие // Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т. – 2014. – 130 с.
2. Касторных Л.И. Проектирование предприятий по производству товарного бетона и сборного железобетона. Часть II: учебное пособие // Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т. – 2014. – 171 с.
3. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебник для вузов / Ю.М. Баженов. – М.: АСВ, 2004. – 256 с.
4. Баженов Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Баженов Ю.М., Комар А.Г. // Стройиздат. – 1984. – 672 с.
5. Добавки в бетоны и строительные растворы. Учебно-справочное пособие/Л.И. Касторных. – Ростов-н/Д: «Феникс», 2007. – 221 с.
6. Строительные материалы. Уч.-спр. пособие/Под ред. Г.А. Айрапетова, Г.В. Несветаева.–Ростов-н/Д: Изд-во «Феникс», 2004. – 608 с.
7. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны/Научное издание. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 368 с.
8. Малинина Л. А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона. – М.: Стройиздат, 1977. – 159 с.

### Дополнительная литература

1. Пособие по тепловой обработке железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01 – 85) / ВНИИжелезобетон. – М.: Стройиздат, 1989.

## Ускоренные методы твердения

2. Пособие по тепловой обработке железобетонных изделий продуктами сгорания природного газа (к СНиП 3.09.01-85)/НИИЖБ Госстроя СССР – М.:Прейскурантиздат, 1988. – 32 с.
3. Производство сборных железобетонных изделий. Справочник/Под ред. К.В. Михайлова. – М.: Стройиздат, 1982.– 440 с.

### Интернет - источники

1. СП 130.13330.2011 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Актуализированная редакция СНиП 3.09.01-85. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/>
2. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Общие технические требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/>
3. ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/>
4. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. ОНТП 07-85/Минстройматериалов СССР. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/>
5. Касторных Л.И. Состав и содержание расчетно-пояснительной записки выпускной квалификационной работы. Методические указания по подготовке выпускной квалификационной работы для обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» - [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://skif.donstu.ru/>