

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра строительного производства и экспертизы недвижимости

Составитель  
Е. А. Шабанов

## **ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Методические указания к курсовому проекту по дисциплине  
«Строительство в экстремальных условиях»**

Рекомендованы учебно-методической комиссией  
направления подготовки 08.04.01 Строительство  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

## Рецензенты

Сорокин А. Б. – кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства и экспертизы недвижимости

Санталова Т. Н. – доцент кафедры строительного производства и экспертизы недвижимости

## **Евгений Анатольевич Шабанов**

**Технология бетонных работ при отрицательных температурах:** методические указания к курсовому проекту по дисциплине «**Строительство в экстремальных условиях**» [электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 08.04.01 Строительство всех форм обучения / сост.: Е. А. Шабанов; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Включают порядок работы по изучению дисциплины, ее содержание, варианты и методику выполнения курсового проекта по дисциплине «Строительство в экстремальных условиях», рекомендации по его оформлению.

© КузГТУ, 2019  
© Шабанов Е. А.,  
составление, 2019

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Задачами курсового проектирования являются углубление знаний в области технологии и организации работ по возведению монолитных железобетонных конструкций в зимних условиях при отрицательной температуре и выработки навыков технологического проектирования по указанной теме.

1.2. Курсовой проект разрабатывается на основании задания, выданного руководителем курсового проектирования. Варианты заданий приводятся в настоящих методических указаниях.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. Курсовой проект представляет собой технологическую карту на возведение монолитных железобетонных конструкций в зимнее время при отрицательной температуре и включает в себя пояснительную записку объемом 25–35 страниц текста и графическую часть на одном листе формата А1, выполненную с соблюдением требований стандартов.

2.2. Технологическая карта, представляемая в курсовом проекте, должна состоять из следующих разделов:

- область применения;
- технико-экономические показатели;
- технология и организация строительных процессов;
- материально-технические ресурсы.

2.3. Все разделы технологической карты разрабатываются в указанной ниже последовательности и представляются в пояснительной записке и на листах графической части работы.

2.4. В расчетно-пояснительной записке автор приводит пояснения в следующем порядке.

1. Исходные данные для проектирования.
2. Определение состава и объемов строительных работ.
3. Подбор опалубки.
4. Выбор метода зимнего бетонирования.
5. Расчет режима термообработки бетона.
6. Определение параметров электропрогрева.
7. Расчет толщины утепления опалубки, для обеспечения выдерживания бетона методом термоса.

8. Выбор машин для производства работ.
9. Технология и организация работ.
10. Калькуляция трудовых затрат и заработной платы.
11. Календарный график производства работ.
12. Расчет состава комплексной бригады
13. Выбор вспомогательных машин и механизмов. Расчет их количества.
14. Определение потребности в материально-технических ресурсах.
15. Разработка системы контроля качества.
16. Разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности.
17. Определение технико-экономических показателей.
18. Список использованной литературы.

Титульный лист расчетно-пояснительной записки оформляется в соответствии с прил. 1. Текст записки разбивается на разделы и подразделы, (которые, соответственно нумеруются), сопровождается необходимыми схемами, таблицами. Страницы должны иметь нумерацию.

2.5. На листе графической части курсового проекта (рис. 1) размещаются:

1. Технологическая схема производства работ с указанием направления движения и расстановки машин, зон складирования материалов и привязки их относительно разбивочных осей.
2. Схема производства опалубочных работ с указанием схем по утеплению опалубки.
3. Схема производства арматурных работ.
4. Схема производства бетонных работ.
5. Графики набора прочности бетоном.
6. График режима выдерживания бетона.
7. Схема установки элементов прогрева (электродов, трансформатора, проводов и т.д.)
8. Календарный график производства работ.
9. График движения рабочей силы.
10. Схема укладки и уплотнения бетона.
11. Указания по контролю качества всех видов работ.
12. Материально-технические ресурсы.
13. Указания по производству работ.

14. Указания по технике безопасности.
15. Состав бригады.
16. Техничко-экономические показатели.
17. Область применения технологической карты.
18. Основная надпись (штамп).

В случае необходимости, на листах графической части размещаются узлы, детали, материалы, поясняющие особенности выполнения отдельных операций.

Для технологической карты на производство бетонных работ в зимних условиях обязательно наличие следующих элементов:

- а) особенности технологии приготовления и транспортирования бетонной смеси, обеспечивающие возможность получения заданной температуры ее у места укладки в опалубку конструкции;
- б) требуемая прочность бетона к концу выдерживания и к моменту распалубливания забетонированной конструкции;
- в) способы и температурно–влажностные режимы выдерживания бетона с учетом температуры наружного воздуха в период набора им требуемой прочности;
- г) данные о материалах опалубки с указанием показателей теплоизоляционных свойств, о пароизоляционных и теплоизоляционных материалах для укрытия неопалубленных поверхностей бетона (и, при необходимости, опалубки);
- д) потребность энергии, воды, пара, оборудования и специальных материалов;
- е) схема размещения скважин и наименования устройств для измерения температуры бетона;
- ж) схема размещения и подключения электродов или электронагревателей, требуемые электрическая мощность, напряжение и сила тока, тип понижающего трансформатора, сечение и длина проводов;
- з) сроки и порядок распалубливания и загрузки забетонированных конструкций;
- и) основные указания по технике безопасности при производстве бетонных работ.

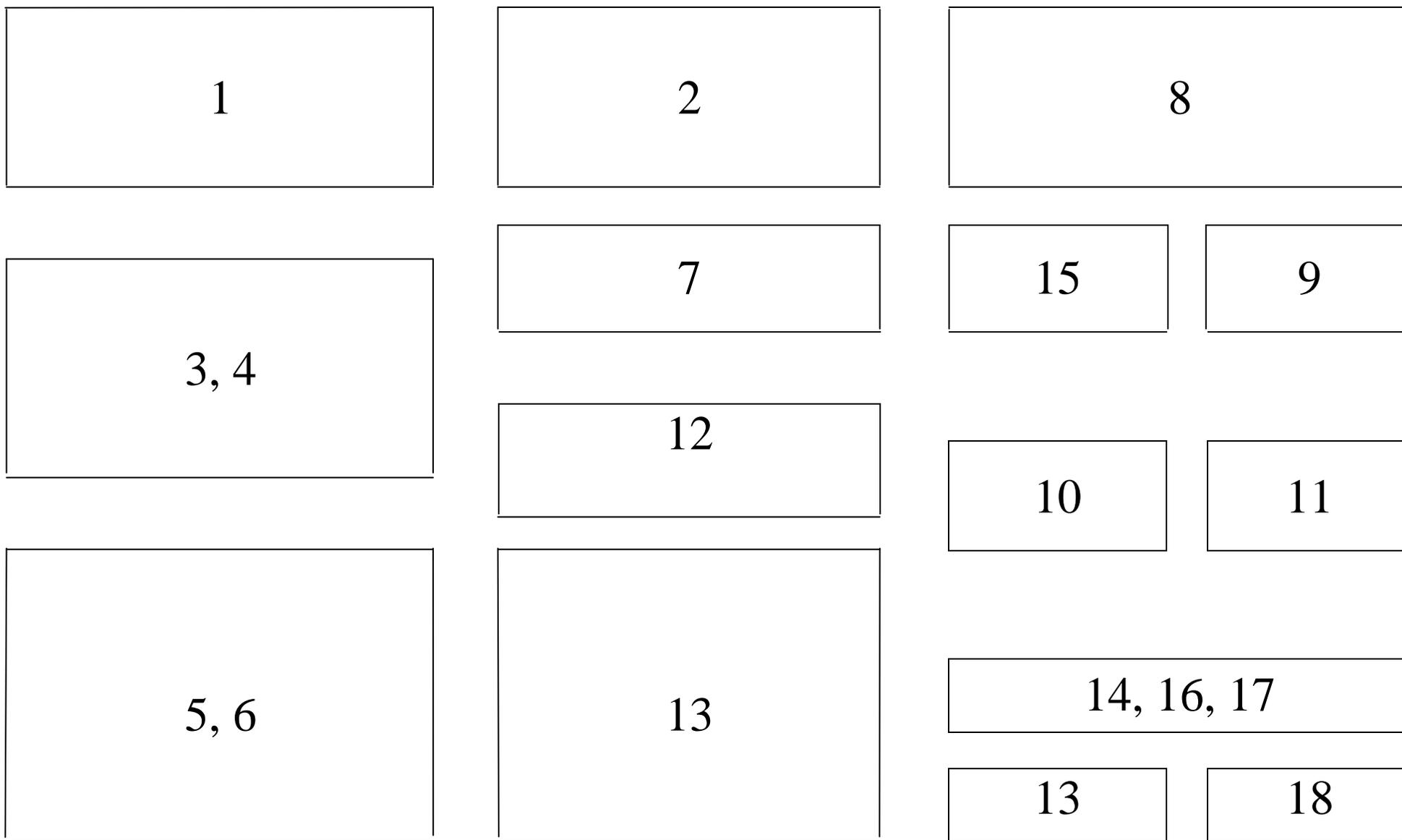


Рис. 1. Примерное размещение материалов на листе

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

#### 3.1. Исходные данные для проектирования

1. Приводится задание на курсовой проект. Вычерчивается план бетонируемых конструкций с обозначением основных размеров. Пример на рис. 2.

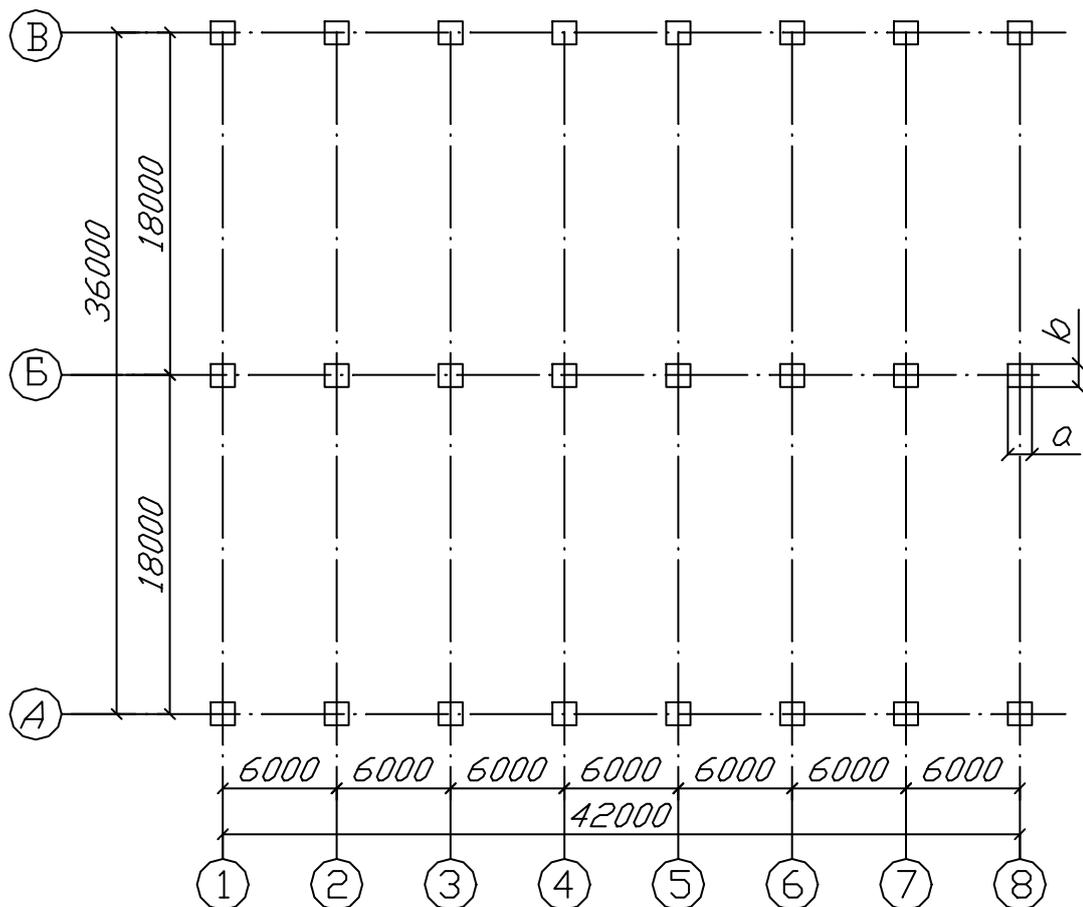


Рис. 2. План фундаментов здания

2. Вычерчивается эскиз одной конструкции (если в курсовом проекте много однотипных конструкций) с обозначением основных размеров. Исходные данные приведены в Приложении 2.

#### 3.2. Определение состава и объема работ

Возведение монолитных железобетонных конструкций – комплексный процесс, состоящий из ряда простых процессов.

Первым этапом при выполнении курсового проекта является определение перечня простых процессов и состава работ.

В составе комплексного процесса ведения работ в обычных летних условиях учитывают: устройство опалубки, монтаж арматуры, бетонирование, снятие опалубки, уход за бетоном, разгрузку и складирование элементов опалубки и арматуры.

В зимних условиях дополнительно появляются подготовительные работы (заготовка электродов, установка трансформатора и т. д.), работы по прогреву конструкции, и работы по утеплению опалубки.

При проектировании считают, что все предшествующие работы выполнены и их в расчет не берут.

При определении последовательности ведения работ учитывают вид конструкции, тип опалубки и арматуры, рекомендации по возведению конструкции.

Намеченные методы производства работ должны предусматривать мероприятия, которые способствуют повышению производительности труда:

- использование сварных арматурных каркасов и сеток, изготовленных централизованно;
- применение унифицированных систем опалубок;
- централизованное приготовление бетонных смесей и доставка их специализированным транспортом;
- комплексная механизация возведения монолитных железобетонных конструкций.

Подсчет объемов работ ведется для каждого простого процесса отдельно.

Объем опалубочных работ определяется по площади опалубки, соприкасающейся с бетоном.

Объем арматурных работ определяется на основании заданного вида армирования. Для определения количества арматуры вычерчиваются схема армирования. При подсчете объема арматурных работ определяют количество и массу арматурных изделий (отдельных стержней, сеток, каркасов). Сортамент стержневой арматуры приведен в прил. 3.

Объем бетонных работ определяется по объему бетона в плотном теле, в соответствии с заданными размерами фундамента.

Расчет объемов выполняется в натуральных измерителях (т, шт., м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>).

Объемы работ по прогреву определяются в дальнейшем после необходимых расчетов и выбора режима термообработки бетона.

### 3.3. Подбор опалубки

Тип опалубки подбирается студентом самостоятельно, в результате анализа существующих форм и эффективности их использования для условий проектирования. Рекомендации приведены в прил. 4. Утепление опалубки студент может принять самостоятельно, либо воспользоваться приложением 5.

В пояснительной записке необходимо выполнить схему опалубки с маркировкой щитов.

### 3.4. Выбор метода зимнего бетонирования

Понятие «зимние условия» при производстве бетонных работ отличается от календарного зимнего периода. Принято считать, что зимние условия начинаются, когда среднесуточная температура наружного воздуха ниже 5 °С, а в течение суток наблюдается ее опускание ниже 0 °С.

Для твердения цементного камня наиболее благоприятна температура от 15 до 25 °С, при которой бетон на 28-е сутки достигает *марочной прочности*. Отрицательная температура приводит к замерзанию воды в свежееуложенном бетоне. При замерзании вода, превращаясь в лед, увеличивается в объеме примерно на 9 %.

Силы внутреннего напряжения разрушают кристаллические неокрепшие новообразования между отдельными компонентами бетона, которые в дальнейшем при твердении в благоприятных температурных условиях уже не восстанавливаются полностью, что в итоге снижает конечную прочность бетона, а в отдельных случаях приводит к разрушению конструкций. Вода начинает замерзать с поверхности забетонированной конструкции, поэтому и разрушение последней под воздействием отрицательной температуры начинается с поверхности, особенно с углов и ребер. Ин-

тенсивность замерзания воды зависит от ряда факторов: температуры наружного воздуха и укладываемой смеси, объема пор. Если в больших порах вода начинает превращаться в лед при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то в капиллярах она замерзает при более низких температурах. В большинстве случаев наибольшую устойчивость к замораживанию проявляют бетоны с большой плотностью.

Прочностные свойства бетонов ухудшаются тем значительнее, чем раньше после укладки произошло их замерзание. Однако бетон может к моменту замерзания набрать определенную прочность, при которой отрицательное влияние замораживания на его свойства будет невелико, а после оттаивания он может достигнуть проектной прочности. В этом случае силы сцепления в бетоне должны быть значительно больше внутренних напряжений в нем.

Прочность бетона, после достижения, которой замораживание уже не вносит необратимых нарушений в структуру цементного камня, а замороженный бетон, оказавшись после оттаивания в нормальных условиях для твердения, набирает проектную прочность, называется *критической прочностью*. Критическая прочность бетона при сжатии еще не определяет готовность материала к полной распалубке и восприятию расчетной или частичной загрузки. Она указывает лишь на то, что при последующем твердении у бетона не обнаружится существенного недобора прочности по сравнению с проектной. Практически распалубку производят после достижения бетоном критической прочности.

На данном этапе проектирования студент знакомится с существующими методами зимнего бетонирования и самостоятельно выбирает метод исходя из параметров конструкции и рекомендаций.

Режим тепловой обработки бетона зависит от основных факторов: массивности конструкции (характеризуется значением модуля поверхности,  $M_{\text{п}}$ ), температуры окружающей среды, материала опалубки, наличия и материала утеплителя опалубки и неопалубленной поверхности бетона, вида и марки цемента, требований к прочности бетона на момент его распалубки. При назначении режима следует учитывать необходимость экономии энергетических ресурсов, расходуемых на тепловую обработку бетона.

Для выбора метода бетонирования зная размеры конструкции и принятую систему опалубки, необходимо рассчитать модуль поверхности по формуле

$$M_{\text{п}} = \frac{F}{V}, \quad (1)$$

где  $F$  - площадь охлаждаемой поверхности бетонной конструкции;  $V$  - объем бетонной конструкции.

За охлаждаемые принимаются боковые и верхние поверхности. Нижняя поверхность не учитывается, т. к. бетон должен укладываться на отогретое до положительной температуры основание.

Метод «термоса» применяют при модуле поверхности до 6. Обогревные методы применяют при любом модуле поверхности, при этом возможность их применения зависит от температуры наружного воздуха. Для курсового проектирования на усмотрение студента следует выбирать электродный метод или прогрев греющим стальным кабелем. Оба метода, возможно, применять при бетонировании при любой температуре наружного воздуха с соответствующим утеплением.

Для работ, в которых подходит и обогревный и безобогревный способ следует выполнить сравнение вариантов и выбор наиболее эффективного и экономичного. Данное сравнение выполняют после выполнения дальнейших расчетов режима выдерживания бетона.

### 3.5. Расчет режима термообработки бетона

Зная  $M_{\text{п}}$  конструкции и вид цемента, задают допустимую скорость подъема температуры и максимальную температуру.

Температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, к началу термообработки бетона в зимнее время ( $t_{\text{бн}}$ ) не должна быть ниже 0 °С.

Скорость подъема температуры при тепловой обработке бетона должна составлять: при модуле поверхности ( $M_{\text{п}}$ ) до 4 – не

более 5 °С/ч, при  $M_{\text{п}}$  от 5 до 10 – не более 10 °С /ч, при  $M_{\text{п}}$  равном 10–15 °С /ч.

Скорость остывания бетона по окончании тепловой обработки для конструкций с модулем поверхности ( $M_{\text{п}}$ ):

до 5 – не более 2...3 °С /ч;

от 5 до 10 – не более 5 °С /ч;

свыше 10 – не более 10 °С /ч.

Температура изотермического прогрева бетона ( $t_{\text{макс}}$ ) не должна превышать значений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Максимально допустимые температуры бетона при электропрогреве

Цемент	Максимальные температуры $t_{\text{макс}}$ , °С, для конструкций с модулем поверхности		
	6–9	10–15	16–20
Шлакопортландцемент и пуццолановый цемент	80	70	60
Портландцемент и быстротвердеющий портландцемент	70	65	55

По этим величинам определяют время разогрева бетона:

$$\tau_p = \frac{t_{\text{макс}} - t_{\text{бн}}}{U_p}, \quad (2)$$

где  $U_p$  – скорость разогрева бетона.

Среднюю температуру разогрева определяют по формуле:

$$t_p^{\text{ср}} = \frac{t_{\text{макс}} + t_{\text{бн}}}{2}. \quad (3)$$

С учетом времени разогрева  $\tau_p$  и средней температуры разогрева  $t_p^{\text{ср}}$  определяют прочность бетона при разогреве (пример определения прочности бетона за время разогрева приводится на рис. 3).

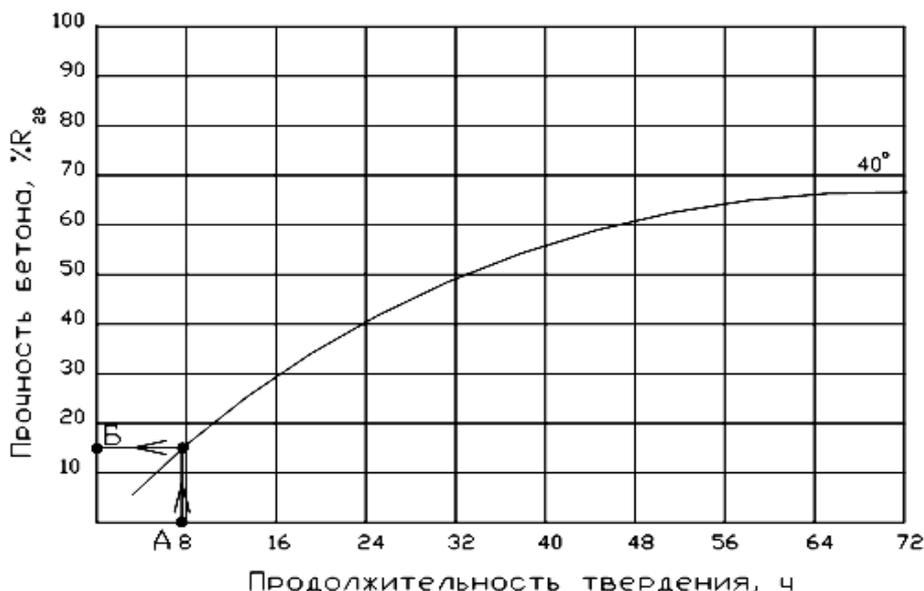


Рис. 3. График нарастания прочности бетона за время разогрева:  
 – средняя температура разогрева бетона  $t_p^{cp} = 40^\circ$ ;  
 – продолжительность разогрева  $\tau_p = 7,6$  ч;  
 – получаемая прочность при разогреве 15 %  $R_{28}$ .

Затем находят время остывания конструкции  $\tau_o$  от  $t_{\text{макс}}$  до  $t_{\text{бк}}$  ( $t_{\text{бк}}$  следует принимать равной не более  $5^\circ\text{C}$  и не менее  $0^\circ\text{C}$ ).

Время остывания конструкции определяют по формуле Б. Г. Скрамтаева

$$\tau_o = \frac{C_6 \gamma_6 (t_{\text{макс}} - t_{\text{бк}}) + \text{ЦЭ}}{3,6 K M_{\text{п}} (t_o^{cp} - t_{\text{нв}})}, \quad (4)$$

где  $C_6$  – удельная теплоемкость бетона, принимаемая равной  $1,05$  кДж/(кг·°C);  $\gamma_6$  – плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>; Э – тепловыделение цемента, кДж/кг, за время твердения бетона, Ц – расход цемента в бетоне, кг/м<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент теплопередачи опалубки или укрытия неопалубленных поверхностей, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);  $t_{\text{макс}}$  – температура изотермического прогрева (температура начала остывания бетонной конструкции, °C);  $t_o^{cp}$  – средняя температура за время остывания бетона, °C. Определяется по формуле

$$t_o^{cp} = t_{\text{бк}} + \frac{t_{\text{макс}} - t_{\text{бк}}}{1,03 + 0,181 M_{\text{п}} + 0,006 (t_{\text{макс}} - t_{\text{бк}})}. \quad (5)$$

В зависимости от вида цемента по графику нарастания прочности находят прочность бетона, полученную за время его остывания. Пример определения прочности бетона за время остывания приведен на рис. 4.

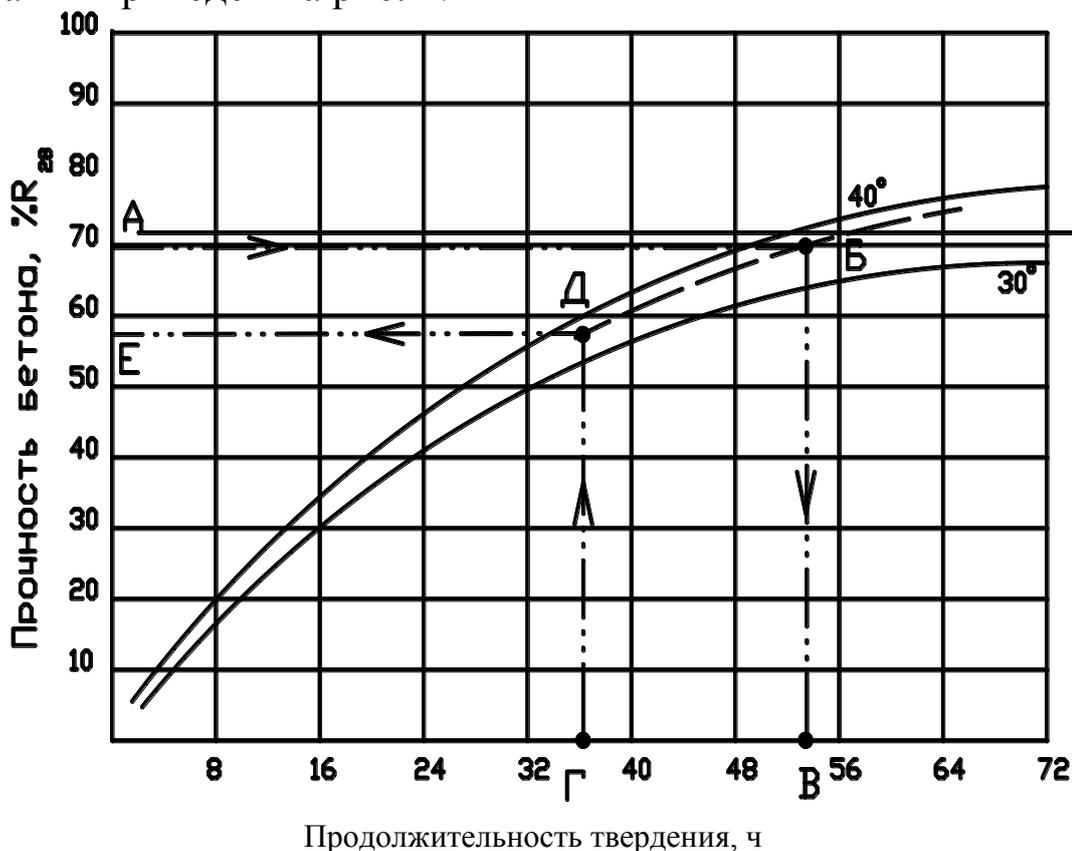


Рис. 4. График нарастания прочности бетона за время остывания:  
 – требуемая прочность бетона 70 %  $R_{28}$ ;  
 – средняя температура остывания бетона  $t_o^{cp} = 37^\circ\text{C}$ ;  
 – продолжительность остывания  $\tau_o = 17$  ч;  
 – полученное значение прочности за время остывания бетона равно 13 (70–57) %  $R_{28}$ .

По сумме значений прочности, полученной при разогреве и остывании, учитывают:

– если прочность соответствует требуемой к концу термообработки (за время подъема температуры до  $t_{\text{макс}}$  и за время остывания бетона от  $t_{\text{макс}}$  до  $t_{\text{бк}}$ ), то задается электротермосный режим;

– если же прочность ниже требуемой, то назначают тепловую обработку с использованием изотермического режима или изотермического режима с остыванием. При этом недостающее

до заданного значение прочности (определяемое как разница между прочностью, требуемой к концу термообработки, и суммарным значением прочности, полученным за периоды  $\tau_p$  и  $\tau_o$ ) намечается получить за время изотермического прогрева. В этом случае по графику нарастания прочности бетона определяют время, в течение которого следует назначить изотермический прогрев (для достижения прочности, равной  $R_{\text{треб}} - (R_p + R_o)$ ). Пример определения продолжительности изотермического прогрева приведен на рис. 9.

- максимальная температура прогрева бетона  $t_{\text{макс}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- достигнутая прочность за время разогрева  $R_p = 15 \text{ } \%$ ;
- полученная прочность при остывании бетона  $13\% R_{28}$ ;
- требуемая прочность при изотермическом прогреве:

$$R_{\text{и}} = R_{\text{треб}} - (R_p + R_o) = 70 - (15 + 13) = 42 \text{ } \% \cdot R_{28}. \quad (6)$$

– продолжительность изотермического прогрева  $\tau_{\text{и}} = 11 \text{ ч.}$   
(рис. 5).

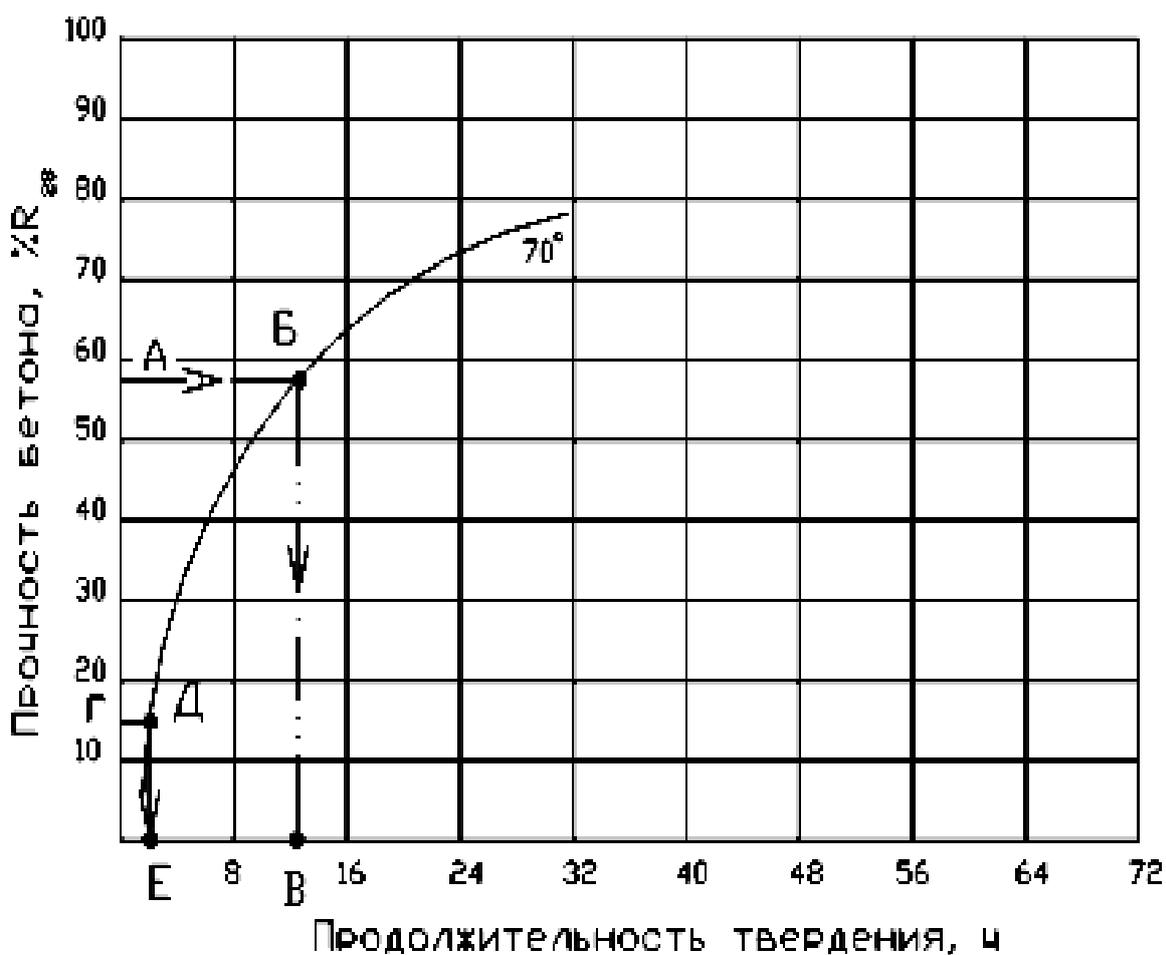


Рис. 5. График нарастания прочности бетона за время изотермического прогрева:

По окончании данных расчетов определено сколько времени требуется для работы прогревочной станции, а также время до распалубливания конструкции.

Температурные режимы тепловой обработки бетона включают следующие периоды:

- предварительное выдерживание от момента окончания укладки бетонной смеси до начала прогрева;
- подъем температуры (разогрев бетона);
- изотермический прогрев;
- остывание.

Применяют следующие режимы тепловой обработки:

а) режим электротермоса (рис. 6). Состоит из периода разогрева бетона в течение  $\tau_p$  часов от  $t_{\text{бн}}$  до  $t_{\text{макс}}$  и периода остывания в течение  $\tau_o$  часов. Прочность бетон набирает при

остывании конструкции до температуры  $t_{\text{БК}}$ . Этот режим применяется для конструкций с  $M_{\text{П}}$  до 4;

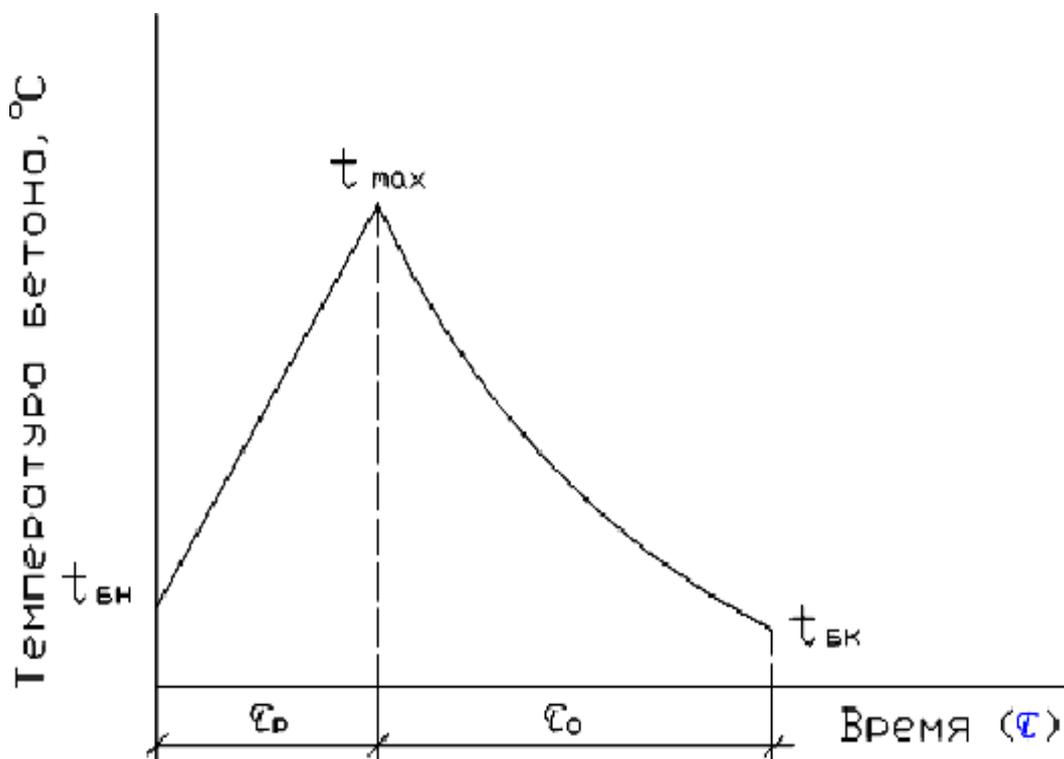


Рис. 6. Режим термообработки бетона «электротермос»

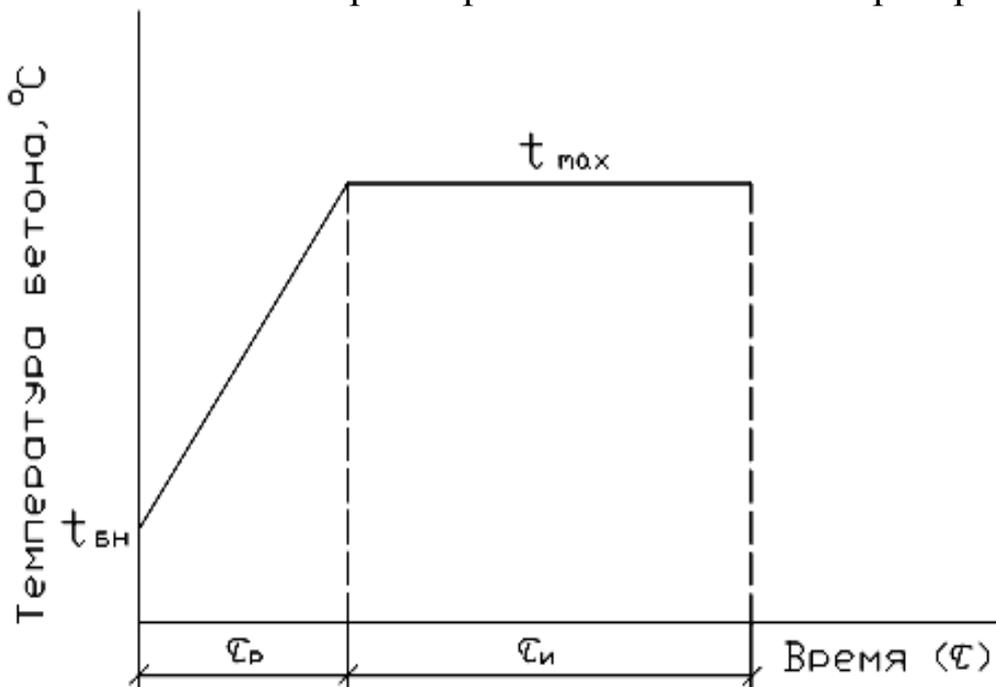


Рис. 7. Изотермический режим термообработки бетона

б) изотермический режим (рис. 7). Состоит из периода разогрева бетона от  $t_{\text{бн}}$  до  $t_{\text{макс}}$  и изотермического прогрева при этой температуре в течение периода  $\tau_{\text{и}}$ , назначаемого из условия получения заданной прочности бетона к моменту окончания прогрева. Режим применяется для конструкций с  $M_{\text{п}} > 10$ ;

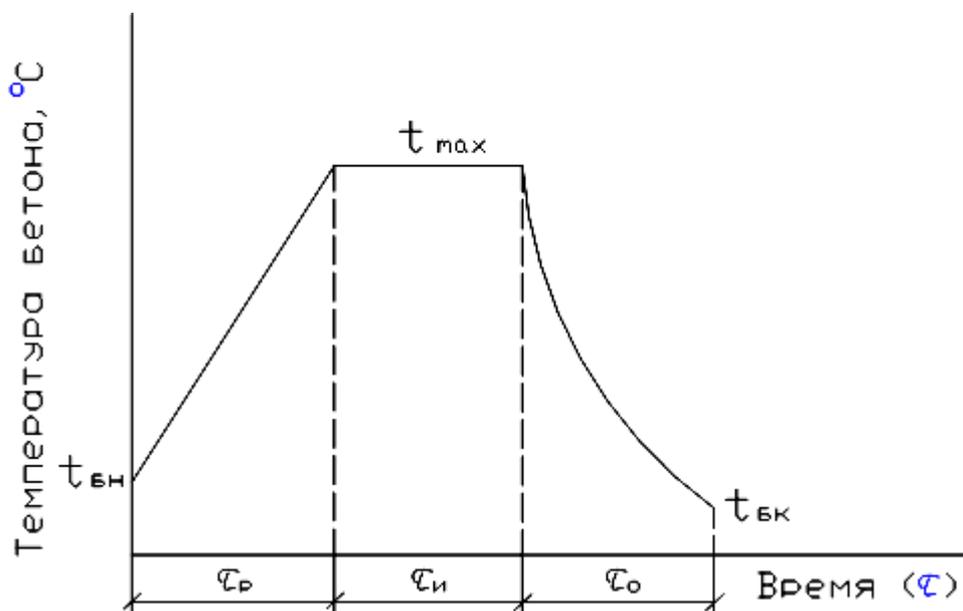


Рис. 8. Режим термообработки бетона изотермический с остыванием

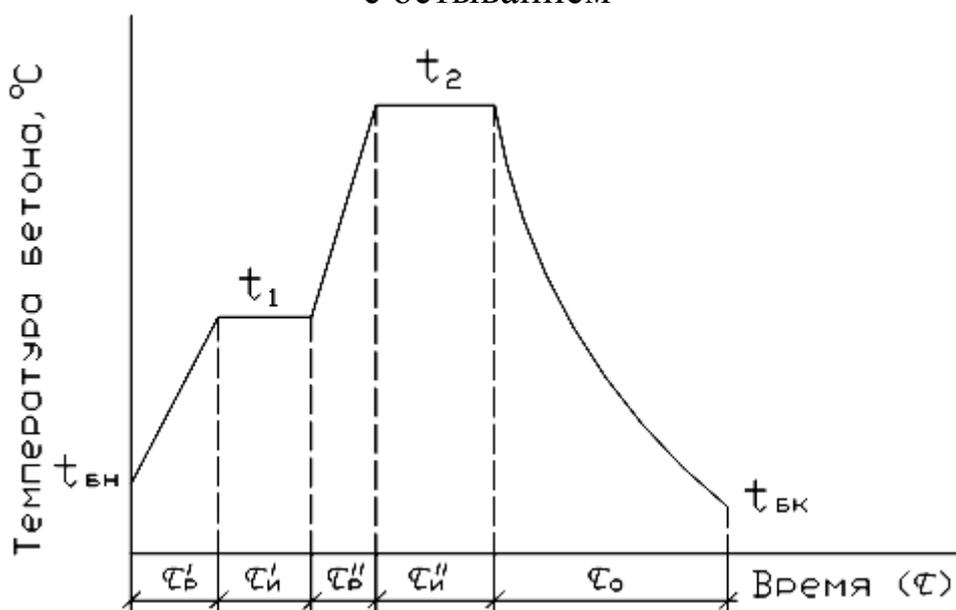


Рис. 9. Ступенчатый режим термообработки бетона

в) изотермический режим с остыванием (рис. 8) представляет собой комбинацию двух предыдущих режимов, применяется для конструкций с  $M_{п}$  от 4 до 10;

г) ступенчатый режим (рис. 9) применяют для тепловой обработки главным образом преднапряженных конструкций;

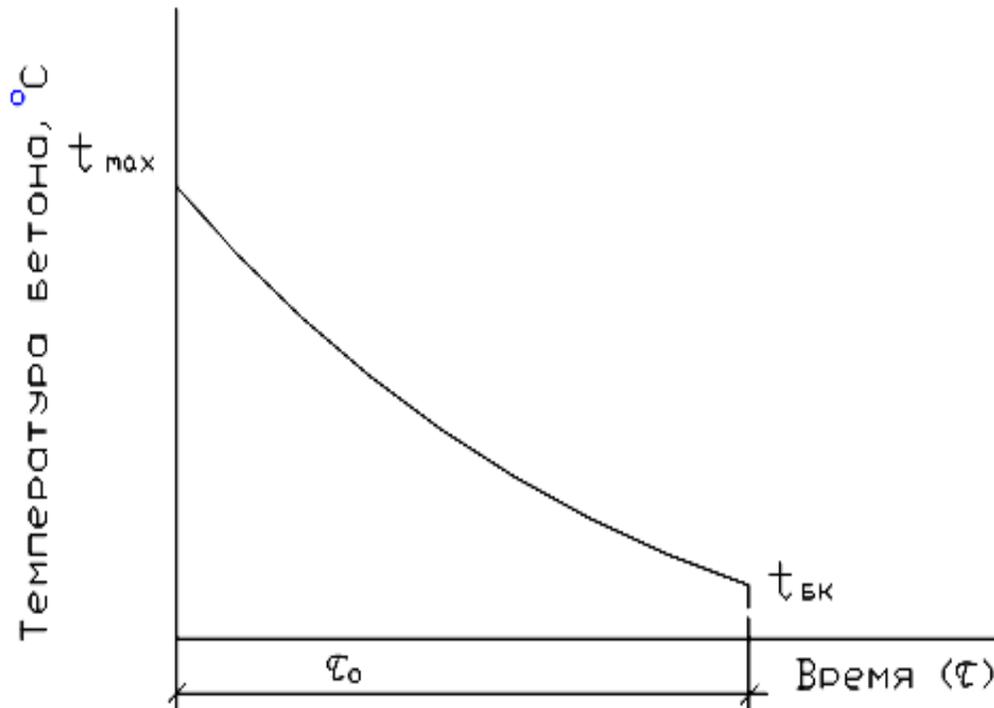


Рис. 10. Режим остывания бетона

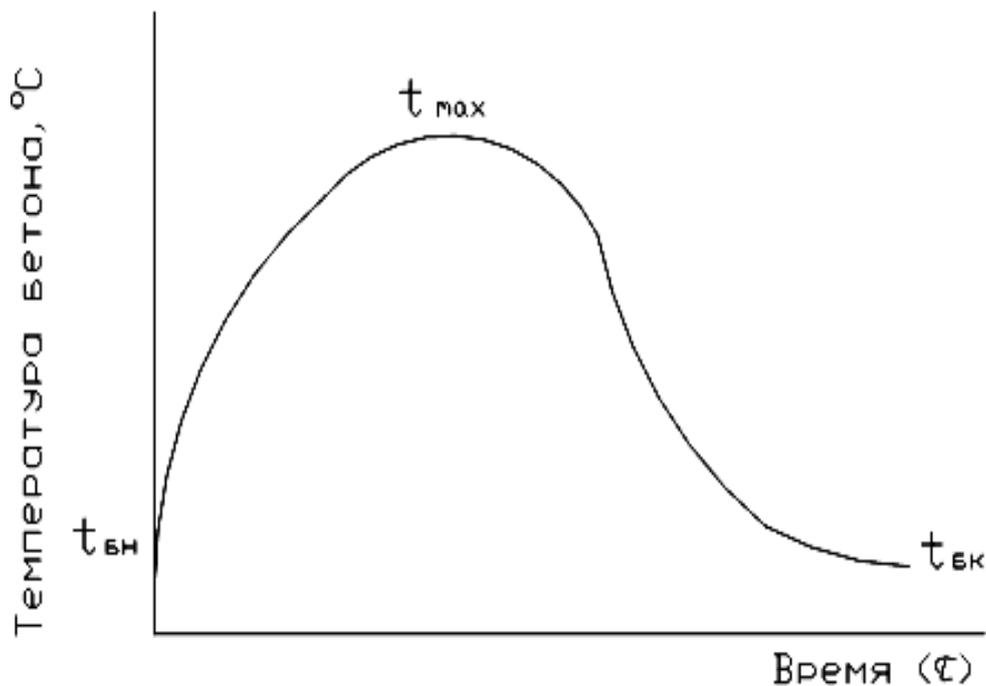


Рис. 11. Саморегулирующийся режим термообработки бетона

д) режим остывания (рис. 10), по окончании которого бетон приобретает заданную прочность. Применяют при бетонировании с предварительным электронагревом бетонной смеси;

е) саморегулирующийся режим (рис. 11). Используют только при электродном прогреве с постоянной величиной напряжения на электродах (изменение температуры бетона при этом обратно пропорционально изменению удельного электрического сопротивления бетона; температура вначале повышается, достигает максимальной величины, затем медленно снижается). Режим применяют при электропрогреве бетона большого числа одинаковых конструкций, например стыков, включаемых под напряжение постоянной величины по мере окончания их бетонирования.

### 3.6. Определение параметров электропрогрева

Параметрами, которые необходимо определить для электропрогрева бетонной конструкции, являются:

- требуемая мощность  $P_{тр}$ , кВт;
- расстояние между электродами или греющим кабелем  $l_{эл}$ , м;
- напряжение на электродах  $U_{эл}$ , В;
- марка трансформатора.

Для определения объемов работ требуется дополнительно определить длину греющего кабеля, длину и количество электродов, а также длину кабеля для подключения электродов

Первоначально определяется требуемая удельная мощность  $P_{уд}$ , кВт/м<sup>3</sup> по графику на рис. 12. Для этого необходимо знать ранее рассчитанные данные: Температуру наружного воздуха, температуру бетонной смеси при разогреве и изотермическом прогреве, коэффициент теплопередачи утеплителя.

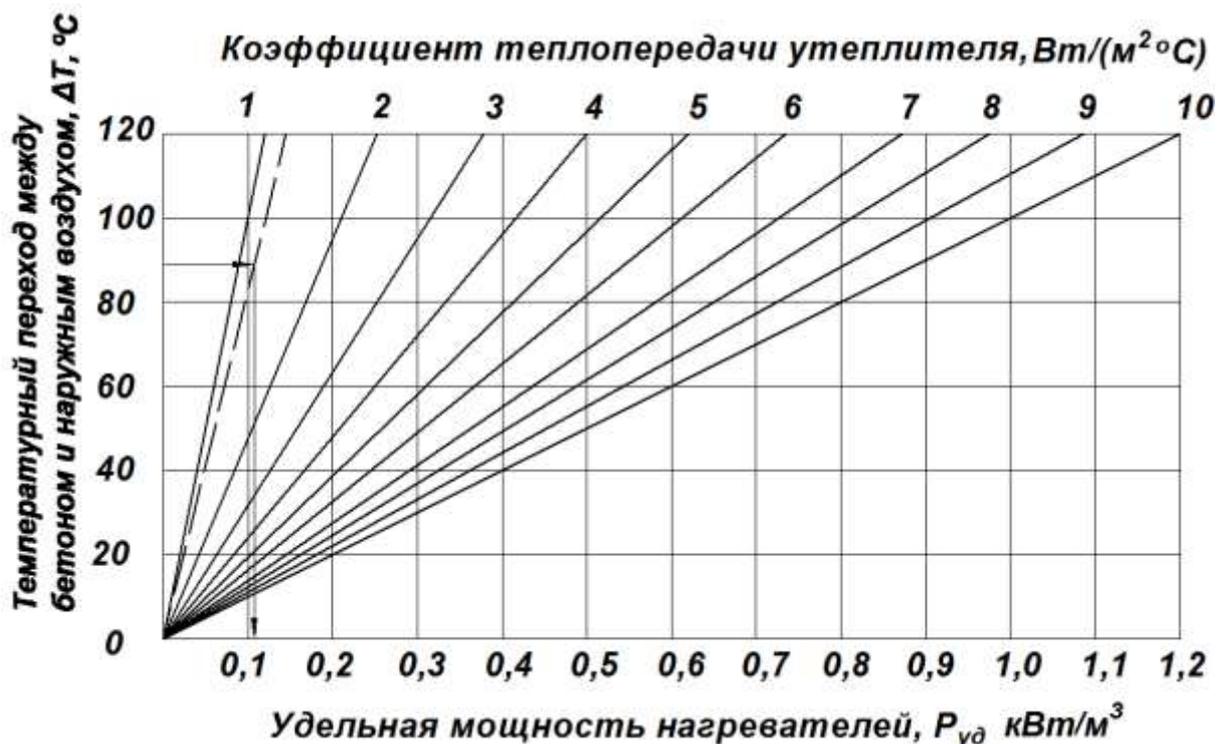


Рис. 12. График для определения удельной мощности нагревателей

Требуемая мощность трансформатора считается по формуле

$$P_{тр} = P_{уд} V, \quad (7)$$

где  $V$  – объем бетонной конструкции.

Сам трансформатор подбирается по таблице в приложении 6, по номинальной мощности, которая должна быть больше, чем требуемая по расчету.

По графику на рис. 13 отмечается удельная мощность  $P_{уд}$ ,  $kW/m^3$ , затем находится соответствующее значение расстояния между электродами  $l_{эл}$  и напряжения между электродами  $U$  по графику.

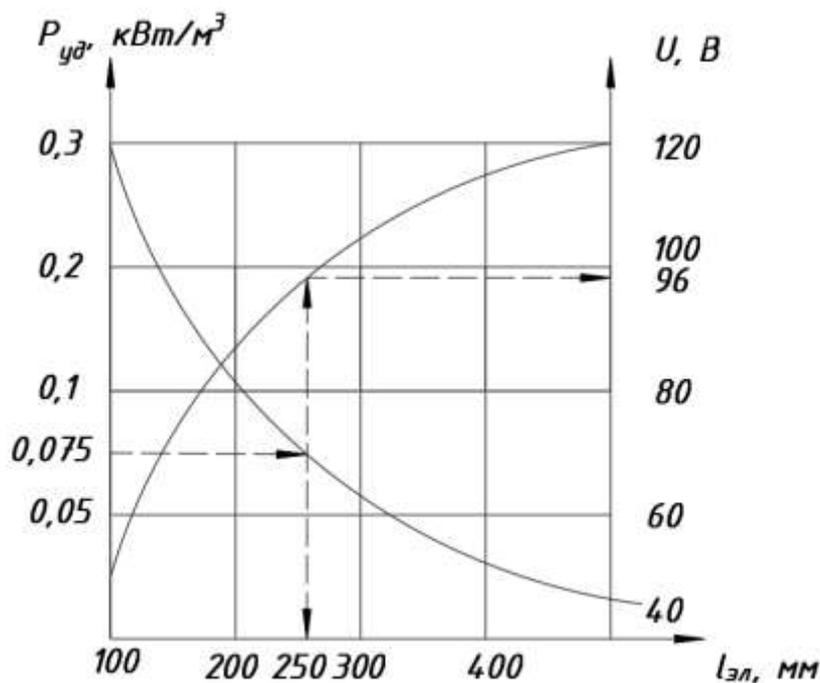


Рис. 13. График для определения расстояния между электродами

В результате определения основных параметров выстраивается схема подключения электродов. Пример схемы на рис. 14. Электроды расставляются с учетом размеров конструкции и значения  $l_{эл}$ . При этом должно выполняться условие  $l_{кр} \leq l_{эл}$ .

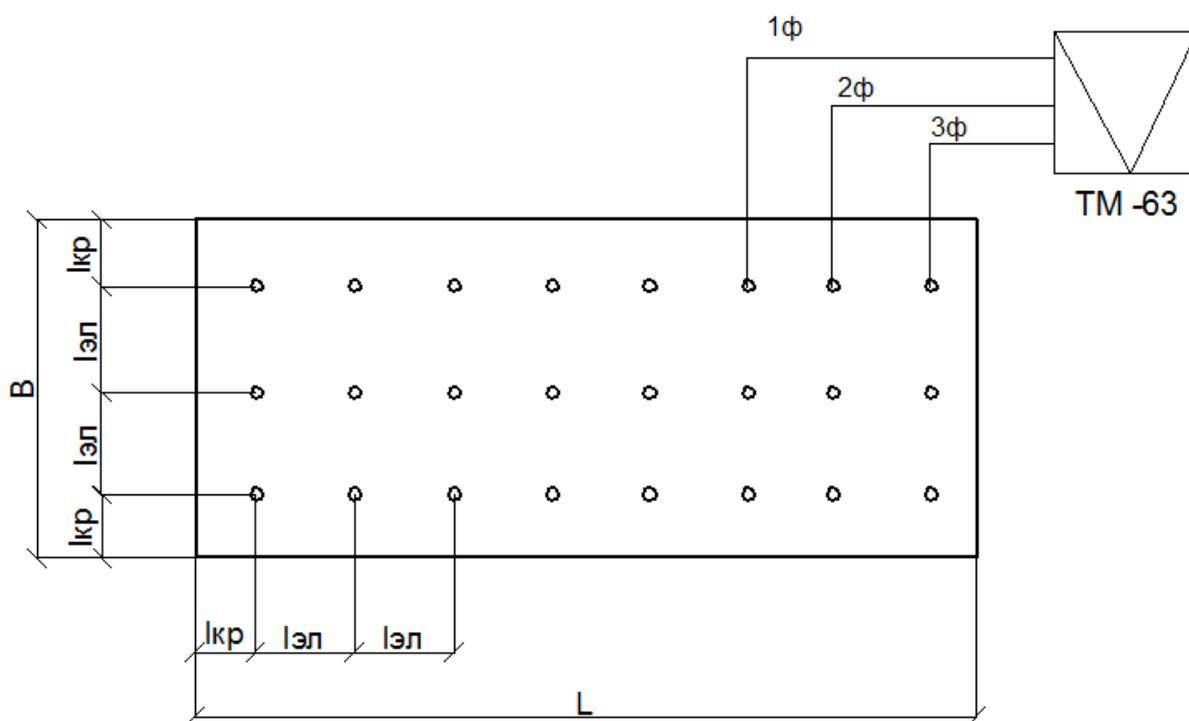


Рис. 14. Пример схемы подключения электродов

### 3.7. Расчет толщины утепления опалубки, для обеспечения выдерживания бетона методом термоса

Способ термоса учитывает принцип использования тепла разогретого бетона перед укладкой его в опалубку, а также тепла, выделяемого цементом в процессе твердения бетона. Продолжительность выдерживания бетона для набора требуемой прочности определяется в зависимости от массивности бетонируемой конструкции, температуры наружного воздуха, скорости ветра, температуры уложенного бетона, активности и тепловыделения цемента. Общий запас тепла уложенного в опалубку бетона должен соответствовать теплопотерям в процессе остывания забетонированной конструкции. Продолжительность набора прочности бетоном определяется в течение периода его остывания до момента распалубки или замерзания.

В связи с тем, что ранее конструкция опалубки была выбрана, необходимо произвести расчет толщины утеплителя, которой бы хватило для сохранения тепла и применения метода термоса, при этом определить сроки остывания, до момента замерзания и распалубливания.

При расчете термосного выдерживания бетона необходимо решить одну из двух задач:

– определение продолжительности остывания бетона и величины набранной им за это время прочности при заданном термическом сопротивлении термоограждающих конструкций (опалубка, укрытие);

– определение величины термического сопротивления термоограждающих конструкций (опалубка, укрытие) требуемой для достижения бетоном заданной прочности в установленные сроки.

Коэффициент теплопередачи опалубки или утеплителя укрытия неопалубленных поверхностей определяется по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (8)$$

где  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности материала каждого слоя ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимается по табл. 2;  $\alpha$  – коэффициент

теплопередачи у наружной поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\delta_i$  – толщина каждого слоя ограждения, м.

В зависимости от скорости ветра  $\alpha$  имеет значения, приведенные в табл. 2.

Если коэффициенты теплопередачи бетона в окружающую среду через ограждения с разным утеплителем (например, через деревянную опалубку или неопалубленную поверхность, укрытую толем и минераловатными матами) существенно различаются между собой, можно суммировать теплопроводности через все поверхности или пользоваться приведенным коэффициентом теплопередачи:

$$K = \frac{F_1 K_1 + F_2 K_2 + \dots + F_n K_n}{F_1 + F_2 + F_n}, \quad (9)$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – коэффициенты теплопередачи через разные поверхности конструкции Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $F_1, F_2, \dots, F_n$  – площади соответствующих поверхностей, м<sup>2</sup>.

Расчет продолжительности термосного выдерживания бетона следует производить по формуле Б. Г. Скрамтаева:

$$\tau = \frac{C_b \gamma_b (t_{бн} - t_{бк}) + \text{ЦЭ}}{3,6 K M_{\text{II}} (t_{бср} - t_{\text{нв}})}, \quad (10)$$

где  $C_b$  – удельная теплоемкость бетона (принимается равной 1,05 кДж/(кг·°С);  $\gamma_b$  – плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>; Ц – расход цемента в бетоне, кг/м<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент теплопередачи опалубки, Вт/(м<sup>2</sup>·°С); Э – тепловыделение цемента за время твердения бетона, кДж/кг;  $t_{бн}$  – начальная температура бетона после укладки, °С;  $t_{бк}$  – температура бетона к концу периода остывания, °С;  $t_{бср}$  – средняя температура за время остывания бетона, °С;  $t_{\text{нв}}$  – температура наружного воздуха, принимается средняя за время остывания бетона, град.

Коэффициент теплопередачи  $K$ , учитываемый при выборе материала утепления для конструирования опалубки, определяется исходя из соотношений по формуле (10).

Значение коэффициента теплопередачи опалубки связано с изменением температуры материалов теплоизоляции. Расчетная температура опалубки  $t_{оп}$  определяется как среднеарифметическое значение температуры наружного воздуха и начальной температуры бетона:

$$t_{оп} = \frac{t_{бн} + t_{нв}}{2}. \quad (11)$$

Теплопроводность материалов опалубки  $\lambda_i$  определяется по эмпирической формуле О. Е. Власова:

$$\lambda_i = \lambda_o + 0,0025 \cdot t_{оп}. \quad (12)$$

По результатам произведенных расчетов следует подобрать материалы для утепления опалубливаемой поверхности и разработать принципиальные конструктивные решения используемой для бетонирования опалубки (по уже подобранному утеплению опалубки необходимо сделать расчет толщины утеплителя для возможности применения метода термоса), которые должны включать:

- конструкцию несущей части опалубки;
- конструкцию утеплителя и решения по его закреплению;
- размеры щитов опалубки для бетонирования, предусмотренной заданием конструкции;
- схему укрытия забетонированной конструкции для исключения потерь влаги и тепла;
- схему крепления щитов опалубки.

Таблица 2

**Величины теплофизических характеристик  
строительных и теплоизоляционных материалов**

Материал	Объемная масса в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Расчетный коэффициент теплопроводности (в сухом состоянии) $\lambda_i$	Удельная теплоемкость материала (в сухом состоянии) $C$ , кДж/(кг·°С)
Железобетон	2500	2,03	0,84
Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	2,03	0,84
Керамзитобетон	1600	0,75	0,84
Вата минеральная	100	0,49	0,76
То же	150	0,052	0,76
Плиты мягкие и полужесткие минераловатные на синтетическом связующем	175	0,06	0,76
Плиты мягкие и полужесткие минераловатные на битумном связующем	200	0,067	0,92
Древесина хвойных пород	650	0,17	2,52
Пенопласт плитный	150	0,59	1,34
Рубероид, пергамин, толь	600	0,17	1,47

При назначении температурного режима выдержки бетона по способу термоса с целью получения заданной прочности в требуемые сроки следует руководствоваться графиками приложения 7, устанавливающими прочность в зависимости от температуры бетона и продолжительности твердения.

При расчете длительности остывания бетона коэффициент теплоотражения укрытия поверхностей без опалубки рекомендуется принимать равным термическому сопротивлению опалубки.

Таблица 3

Значения коэффициента теплопередачи  
у наружной поверхности ограждения

Скорость ветра, м/с	$\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Скорость ветра, м/с	$\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
0	3,77	5	26,56
1	3,88	10	33,18
3	14,96	15	43,15

### 3.8. Выбор машин для производства работ

Ведущим процессом при возведении монолитных железобетонных конструкций является бетонирование.

На данном этапе проектирования следует выбрать способ подачи бетона (бетононасосом, бетоноукладчиком, краном или др.), на основе анализа научно-технической литературы, эффективного применения машин и конструктивных особенностей объекта.

В курсовом проекте следует наметить два варианта производства бетонных работ, отличающихся типом применяемой ведущей машины. Исходные данные по выбору машин предлагаются в прил. 8. В результате выбора следует привести марку машины и ее технические характеристики.

Выбор варианта производства бетонных работ следует производить на основании технико-экономического анализа. В качестве анализируемых показателей могут быть использованы трудоемкость бетонных работ и стоимость механизированных затрат.

Трудоемкость бетонных работ определяется по калькуляции затрат труда и заработной платы, составленной на выбранные способы подачи и укладки бетона.

$$T = T_{\text{пр}} + T_{\text{под}} + T_{\text{укл}}, \quad (13)$$

где  $T$  – трудоемкость бетонных работ, чел.-ч (маш.-ч);  $T_{\text{пр}}$  – трудоемкость приема бетонной смеси, чел.-ч;  $T_{\text{под}}$  – трудоемкость подачи бетонной смеси, чел.-ч (маш.-ч);  $T_{\text{укл}}$  – трудоемкость укладки бетонной смеси, чел.-ч.

В калькуляцию вносят работы для двух вариантов и подсчитывают их трудоемкости. Например: 1 вариант – кран, оборудованный бадьей; 2 вариант – бетоноукладчик.

Стоимость механизированных затрат может быть определена по формуле (14) и прил. 9.

$$C_0 = K_1(E_0 + C_{\text{маш.-ч}}T_{\text{маш.-ч}}) + K_2C_{3/\text{п}}, \quad (14)$$

где  $E_0$  – единовременные затраты на доставку и монтаж строительных машин, р.;  $C_{\text{маш.-ч}}$  – стоимость машино-часа работы машины, р.;  $T_{\text{маш.-ч}}$  – трудоемкость или затраты рабочего времени на производство работ, маш.-ч;  $C_{3/\text{п}}$  – заработная плата всех рабочих строительных специальностей, р.;  $K_1, K_2$  – коэффициенты накладных расходов ( $K_1=1,08; K_2=1,5$ ).

В результате анализа к производству работ принимают вариант с меньшей трудоемкостью и стоимостью механизированных работ.

### 3.9. Технология и организация работ

В пояснительной записке необходимо описать технологию всех простых процессов, выполняемых при возведении монолитных железобетонных фундаментов (опалубочных, арматурных, бетонных), в том числе организацию рабочих мест. При этом следует указать средства подмащивания, инструменты, приспособления, использованные при выполнении рабочих операций и для контроля качества работ. Работы по прогреву бетона, уходу за бетоном и работы по утеплению конструкции.

Разрабатываются мероприятия по выдерживанию и уходу за бетоном с учетом температурно-влажностных условий на площадке.

При описании технологических процессов указывают профессии и разряды рабочих, привлекаемых для их выполнения. Описание сопровождается рисунками и схемами, располагаемыми в тексте пояснительной записки и на листах графической части проекта.

### 3.10. Калькуляция трудовых затрат и заработной платы

Калькуляция трудовых затрат и заработной платы составляется для рабочих процессов, намеченных в п. 3.2 в соответствии с технологией работ, описанной в п. 3.9.

Калькуляция трудовых затрат и заработной платы должна учитывать следующие работы:

- установка опалубки;
- установка арматурных сеток и каркасов;
- прием бетонной смеси из транспортных средств;
- подача бетонной смеси к месту укладки;
- укладка бетонной смеси в конструкцию;
- уход за свежеложенным бетоном;
- разборка опалубки и демонтаж средств подмащивания;
- погрузочно-разгрузочные работы на площадке и т. д.;
- установку трансформаторной подстанции в зоне прогрева;
- заготовку электродов;
- установку защитного ограждения;
- установку магистрали и присоединение к ней электродов, присоединение трансформаторной подстанции, укладка электродов в тело бетона. Снятие подводящих проводов магистрали после прогрева;
- электропрогрев бетонной смеси;
- устройство и снятие гидро- и теплоизоляции;
- срезка электродов;
- отсоединение секций шинопроводов;

Калькуляцию составляют с использованием ЕНиР и оформляют в виде табл. 4.

Таблица 4

## Калькуляция трудовых затрат и заработной платы

Шифр норм	Наименование работ	Единицы измерения	Нормы времени		Объем работ	Трудо-емкость		Расценка, р.	Сумма заработной платы, р.	Состав звена		
			чел.-ч	маш.-ч		чел.-ч	маш.-ч			профессия	разряд	кол-во
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

При составлении калькуляции нормы времени, расценки и состав звена выписываются из соответствующих параграфов ЕНиР.

Трудоемкость определяют как произведение нормы времени и объема работ. Заработная плата – произведение расценки и объема работ.

После определения затрат на выполнение каждого процесса, определяется сумма по графам трудоемкость и заработная плата.

Для работ по прогреву бетонной конструкции в приложении 14 имеется пример расчета калькуляции.

## 3.11. Календарный график производства работ

Календарный график производства работ составляется для выбранного способа производства бетонных работ на основе калькуляции трудовых затрат и заработной платы с учетом намеченной последовательности выполнения работ.

Выполняется в виде таблицы и приводится в графической части курсового проекта.

Форма календарного графика представлена в табл. 5.

Продолжительность каждого отдельного процесса в днях может быть определена по формуле

$$T = \frac{P_{тр}}{ч_p ч_{см}}, \quad (15)$$

где  $Ч_p$  – число рабочих в смену, чел.;  $Ч_{см}$  – число смен в сутки;  
 $П_{тр}$  – плановая трудоемкость, чел.-дн.

$$П_{тр} = \frac{H_{тр}}{K_{п}}, \quad (16)$$

где  $H_{тр}$  – нормативная трудоемкость, чел.-дн.;  $K_{п}$  – коэффициент выполнения плана, принимается равным 1,0–1,15.

Таблица 5

### Календарный график производства работ

Наименование работ	Объем работ		Трудоем- кость, чел.-смен		Уровень выполнения норм, %	Потреб- ные ма- шины		Продолжительность работы, дн.	Количество рабочих смен в сутки	Число рабочих в смену	Состав звена	Месяц, год
	Единицы измерения	Количество	нормативная	плановая		наименование	количество					кален- дарные дни
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

График движения рабочих строится в масштабе времени календарного графика работ. На нем показывается число работающих в течение дня, в первую смену и определяется среднее количество рабочих на период устройства фундаментов.

### 3.12. Расчет состава бригады

Расчет состава бригады выполняют после разработки календарного графика.

Для рациональной организации работ по возведению монолитных железобетонных конструкций необходимо сделать правильный подбор состава комплексной бригады.

При проектировании состава бригады предполагают, что продолжительность всего комплекса работ, поручаемых бригаде, равна общей продолжительности работ по календарному графику. Расчет производится по формуле

$$Ч_p = \frac{П_{тр}}{T}, \quad (17)$$

где  $П_{тр}$  – плановая трудоемкость работ, чел.-дн. (из календарного графика),  $T$  – продолжительность работ, дн. (из календарного графика).

В ходе расчета следует определить общее число рабочих в бригаде и число рабочих различных профессий и квалификаций, входящих в бригаду.

Квалификационный состав звеньев определяется в соответствии с рекомендациями ЕНиР. При организации комплексной бригады следует использовать возможность совмещения профессий.

Численно-квалификационный состав бригады приводится в табл. 6.

Таблица 6

Состав комплексной бригады

Профессия рабочих	Всего	В том числе по разрядам					
		1	2	3	4	5	6

### 3.13. Выбор вспомогательных машин и механизмов

Для комплексной механизации процесса возведения монолитных конструкций подбирают комплект ведущей и вспомогательных машин, взаимоувязанных по производительности и техническим параметрам.

В основу расчета берется ведущая машина, выбранная в п. 3.8. В соответствии с производительностью ведущей машины и сроков производства работ, определенных в календарном гра-

фике, рассчитывают необходимое количество машин и механизмов.

Машины для доставки бетонной смеси на строительную площадку выбирают по справочной литературе с учетом дальности транспортирования, типа дорог, состава бетонной смеси. Справочные данные приведены в прил. 10, 11.

Количество транспортных средств рассчитывают по формуле

$$N_M = \frac{\Pi}{g t_{\text{см}}} \left( t_{\text{п}} + t_p + t_M + \frac{2L}{V_{\text{ср}}} \right), \quad (18)$$

$$\Pi = \frac{Q}{S}, \quad (19)$$

где  $\Pi$  – поток бетона или его количество для устройства фундаментов в смену,  $\text{м}^3/\text{смен.}$ ;  $Q$  – общий объем укладываемой бетонной смеси,  $\text{м}^3$ ;  $S$  – количество смен бетонирования (принимается по календарному графику);  $g$  – вместимость кузова,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{см}}$  – продолжительность смены, ч;  $t_{\text{п}}$  – время погрузки (5–12 мин), ч;  $t_p$  – время разгрузки (5–10 мин), ч;  $t_M$  – время маневрирования до разгрузки (5–7 мин), ч;  $L$  – расстояние перевозок, км;  $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения, км/ч.

Для уплотнения бетонной смеси подвижностью от 0 до 8 см осадки стандартного конуса рекомендуется использовать глубинные вибраторы. Марка вибратора назначается в зависимости от типа бетонируемой конструкции и размеров арматурных изделий. Технические характеристики вибраторов приведены в прил. 12.

Количество вибраторов определяется по формуле

$$N_V = \frac{\Pi}{\Pi_{\text{т.в}} t_{\text{см}}}, \quad (20)$$

где  $\Pi$  – поток бетона в час,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $\Pi_{\text{т.в}}$  – техническая производительность вибратора,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$\Pi_{\text{т.в}} = 2K_{\text{виб}} R_{\text{виб}}^2 h_{\text{виб}} \frac{3600}{t_{\text{виб}} + t_{\text{пер}}}, \quad (21)$$

где  $K_{\text{виб}}$  – коэффициент использования вибратора (0,8–0,9);  $R_{\text{виб}}$  – радиус действия вибратора, м;  $h_{\text{виб}}$  – толщина прорабатываемого слоя бетонной смеси, м.

$$h_{\text{виб}} = l_{\text{виб}} - (0,05 \div 0,15), \quad (22)$$

где  $l_{\text{виб}}$  – длина рабочей части вибратора, м; (0,05 ÷ 0,15) – глубина проникания вибратора в предыдущий слой при уплотнении очередного слоя бетонирования, м;  $t_{\text{виб}}$  – продолжительность вибрирования, 15–20 с;  $t_{\text{пер}}$  – время перемещения вибратора с одной позиции на другую, 5–15 с.

### 3.14. Материально-технические ресурсы

Потребность в материально-технических ресурсах определяется на протяжении всей работы над проектом.

Потребность в основных материалах, конструкциях и полуфабрикатах определяется с учетом норм расходов материалов. Все выполненные расчеты анализируют, результаты сводят в табл. 7 и выносят на лист графической части.

Таблица 7

Ведомость потребности в материалах,  
конструкциях, полуфабрикатах

Наименование	Тип, марка	Единицы измерения	Количество

Потребность в машинах, инструментах, оборудовании и инвентаре определяют с учетом нормоконспектов для производства бетонных работ (прил. 13) и представляются в виде табл. 8 на листе графической части.

Таблица 8

Ведомость потребности в машинах,  
инструментах, оборудовании и инвентаре

Наименование	Тип, марка	Количество	Технические характеристики
1	2	3	4

### 3.15. Разработка системы контроля качества

В курсовом проекте следует отразить мероприятия по контролю качества поступающих материалов и конструкций, операционному и приемочному контролю, перечислить акты на скрытые работы.

Материалы располагают в пояснительной записке и на листах графической части проекта.

### 3.16. Мероприятия по охране труда и технике безопасности

В разделе приводятся конкретные инженерные решения, направленные на обеспечение безопасной работы людей, исправной работы машин и механизмов. Подробно оговариваются мероприятия по технике безопасности при работе с прогревом конструкции в зимнее время; при работе с грузоподъемными и транспортными механизмами; электрооборудованием; при работе на высоте; при установке, креплении опалубки и средств подмащивания и пр.

При разработке мероприятий учитывают требования СНиП и рекомендации справочной литературы.

Материал располагают в пояснительной записке и на листе графической части проекта.

### 3.17. Техничко-экономические показатели

После разработки всех технических решений и составления календарного графика производства работ подсчитываются технико-экономические показатели железобетона в деле:

- объем работ, м<sup>3</sup>;
- общая продолжительность работ, дн.;
- трудоемкость бетонных работ, чел.-смен;
- затраты машинного времени, маш.-смен;
- выработка на одного рабочего в смену, м<sup>3</sup>;
- выработка на одну машину в смену, м<sup>3</sup>;
- затраты труда на 1 м<sup>3</sup> железобетона, чел.-смен;
- затраты машинного времени на 1 м<sup>3</sup> железобетона, маш.-смен;
- уровень выполнения норм, %.

Нормативная и планируемая трудоемкость железобетонных работ определяется по календарному графику. Выработка рассчитывается как частное от деления объема работ на трудоемкость. Затраты труда на 1 м<sup>3</sup> бетона определяются делением трудоемкости железобетонных работ на объем. Затраты времени механизмов в машино-сменах определяют по затратам труда машинистов, указанных в ЕНиР, или путем деления трудоемкости на нормативный состав звена. Нормативные и планируемые показатели сводятся в табл. 9 и выносятся на лист графической части.

Таблица 9

Технико-экономические показатели

№№ п/п	Наименование показателей	Единицы измерения	Значения показателей	
			нормативные	планируемые
1	2	3	4	5

## 4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Батыновский, Э. И. Технология зимнего монолитного бетонирования [Текст] учеб. пособие / Э. И. Батыновский [и др.]. – Москва: АСТ, 2009, – 232 с.

2. Сычёв, С.А., Перспективные технологии строительства и реконструкции зданий: монография / С. А. Сычёв, Г. М. Бадьин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 368 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/123464>

3. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов: учебник для строит. вузов / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. – Москва: Высш. шк., 2008

4. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. – Москва: Стройиздат, 1982.

5. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. – Москва: Рос. Академия Архитектуры и Строительных Наук (РААСН), Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический ин-т бетона и железобетона (НИИЖБ). – Москва, 2005.

### Дополнительная литература

6. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов [Текст] Ч. 2: учебник для вузов специальности «Промышленное и гражданское строительство» направления «Строительство» / В. И. Теличенко, А. А. Лapidус, О. М. Терентьев. – Москва : Высшая школа, 2003. – 392 с.

7. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов [Текст] Ч. 1: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Пром. и гражд. стр-во» направления «Строительство» / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. – Москва : Высшая школа, 2005. – 392 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91361&type=utchposob:common>

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

**Кафедра строительного производства и экспертизы недвижимости**

**ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ  
ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту по дисциплине  
«Строительство в экстремальных условиях»**

Выполнил студент группы

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Проверил руководитель

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(ФИО)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Кемерово 20\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ВАРИАНТАМ

№ Варианта	$t_{н.в.}$	$t_{б.см.}$	$U, м/с$	Класс бетона	$t_{б.к.}$	$t_{max}$ , для элект- тропрогрева
1	2	5	4	5	6	7
1	-7	30	0	B20	3	50
2	-10	12	5	B22,5	5	55
3	-12	18	10	B25	3	60
4	-29	22	15	B15	5	65
5	-35	25	10	B10	5	65
6	-17	35	5	B12,5	5	70
7	-25	20	0	B22,5	3	70
8	-24	18	5	B30	3	50
9	-21	16	10	B25	5	55
10	-18	14	15	B20	3	65
11	-16	12	10	B12,5	5	70
12	-19	13	5	B10	3	55
13	-22	11	0	B22,5	5	50
14	-27	8	5	B20	5	65
15	-29	7	10	B22,5	3	60
16	-24	5	15	B25	3	70
17	-20	23	10	B15	5	55
18	-5	9	15	B10	3	50
19	-3	15	10	B12,5	3	65
20	-13	25	5	B22,5	5	60
21	-9	25	0	B30	3	50
22	-10	14	5	B12,5	5	70
23	-8	13	10	B22,5	3	55
24	-17	12	15	B30	5	65
25	-35	20	5	B25	5	60
26	-40	22	15	B25	5	70
27	-27	20	15	B15	3	50
28	-29	18	15	B20	3	45
29	-40	22	15	B25	5	70
30	-27	15	15	B25	5	40

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СОРТАМЕНТ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ

Диаметр стержней, мм	Масса одного погонного метра, кг, т
3	0,055
4	0,099
5	0,154
6	0,222
7	0,302
8	0,395
9	0,499
10	0,617
11	0,750
12	0,889
13	1,040
14	1,208
15	1,390
16	1,578
17	1,780
18	1,998
19	2,230
20	2,466
21	2,720
22	2,984
25	3,850
28	4,830
32	3,310
36	7,990
40	9,870
45	12,480

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОПАЛУБКИ

Для конструкций по заданию принять разборно-переставную деревометаллическую опалубку.

В ребрах опалубок выполнены отверстия 20 мм с шагом 100 мм, это позволяет соединять щиты любых типоразмеров между собой по любым граням. Из щитов собираются панели. При необходимости собранные панели усиливаются схватками. Для удержания панелей в проектном положении применяются подкосы или расчалки. На несущих конструкциях опалубки монтируются навесные площадки и лестницы для рабочих.

Возможна укрупнительная сборка щитов. Типоразмеры щитов опалубки приведены в таблице.

Типоразмеры щитов опалубки

Тип опалубки	Марка щитов	Размеры щитов	Масса щитов, кг
Монолит – 76	ЩК – 1,8×0,6	1800×600	39,2
	ЩК – 1,8×0,45	1800×450	27,5
	ЩК – 1,8×0,3	1800×300	21,8
	ЩК – 1,2×0,6	1200×600	23,0
	ЩК – 1,2×0,45	1200×450	19,3
	ЩК – 1,2×0,3	1200×300	15,2
	ЩК – 1,0×0,6	1000×600	21,1
	ЩК – 1,0×0,3	1000×300	13,4
	ЩК – 0,6×0,3	600×300	7,8
Монолит – 77	ЩК – 1,8×0,6	1800×600	38,0
	ЩК – 1,8×0,5	1800×500	32,0
	ЩК – 1,8×0,4	1800×400	27,0
	ЩК – 1,8×0,3	1800×300	24,0
	ЩК – 1,5×0,6	1500×600	26,0
	ЩК – 1,5×0,5	1500×500	26,2
	ЩК – 1,5×0,4	1500×400	21,8
	ЩК – 1,5×0,3	1500×300	19,5
	ЩК – 1,2×0,6	1200×600	27,2
	ЩК – 1,2×0,5	1200×500	22,4
	ЩК – 1,2×0,4	1200×400	18,8
	ЩК – 1,2×0,3	1200×300	16,5
	ЩК – 0,9×0,45	900×450	16,1
	ЩК – 1,2×0,45	1200×450	21,8
	ЩК – 1,5×0,45	1500×450	21,7
	ЩК – 1,8×0,45	1800×450	30,0

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Коэффициенты теплопередачи опалубок и укрытий неопалубленной поверхности бетона

Тип опалубки	Материал опалубки	Толщины слоев	Коэффициент $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С) при скорости ветра, м/с		
			0	5	15
I	Доска	25	2,44	5,2	5,98
II	Доска	40	2,03	3,6	3,94
III	Доска	25	1,8	3	3,25
	Толь Доска	- 25			
IV	Доска	25	0,67	0,8	0,82
	Пенопласт	30			
	Фанера	4			
V	Доска	25	0,87	1,07	1,1
	Толь	-			
	Вата минеральная	50			
	Фанера	4			
VI	Металл	3	1,02	1,27	1,33
	Вата минеральная	50			
	Фанера	4			

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Характеристики трансформаторов для прогрева бетона

Наименование	Номинальная мощность, кВА
Трансформатор ТМГ 16/6-10	16
Трансформатор ТМГ 25/6	25
Трансформатор ТМГ 40/6-15	40
Трансформатор ТМГ 63/6-15	63
Трансформатор ТМГ 100/6-35	100
Трансформатор ТМГ 160/6-35	160
Трансформатор ТМГ 250/6-35	250
Трансформатор ТМГ 400/6-35	400
Трансформатор ТМГ 630/6-20	630
Трансформатор ТМГ 1000/	1000
Трансформатор ТМГ 1250/	1250
Трансформатор ТМГ 2500/10	2500

График набора прочности бетона в часах

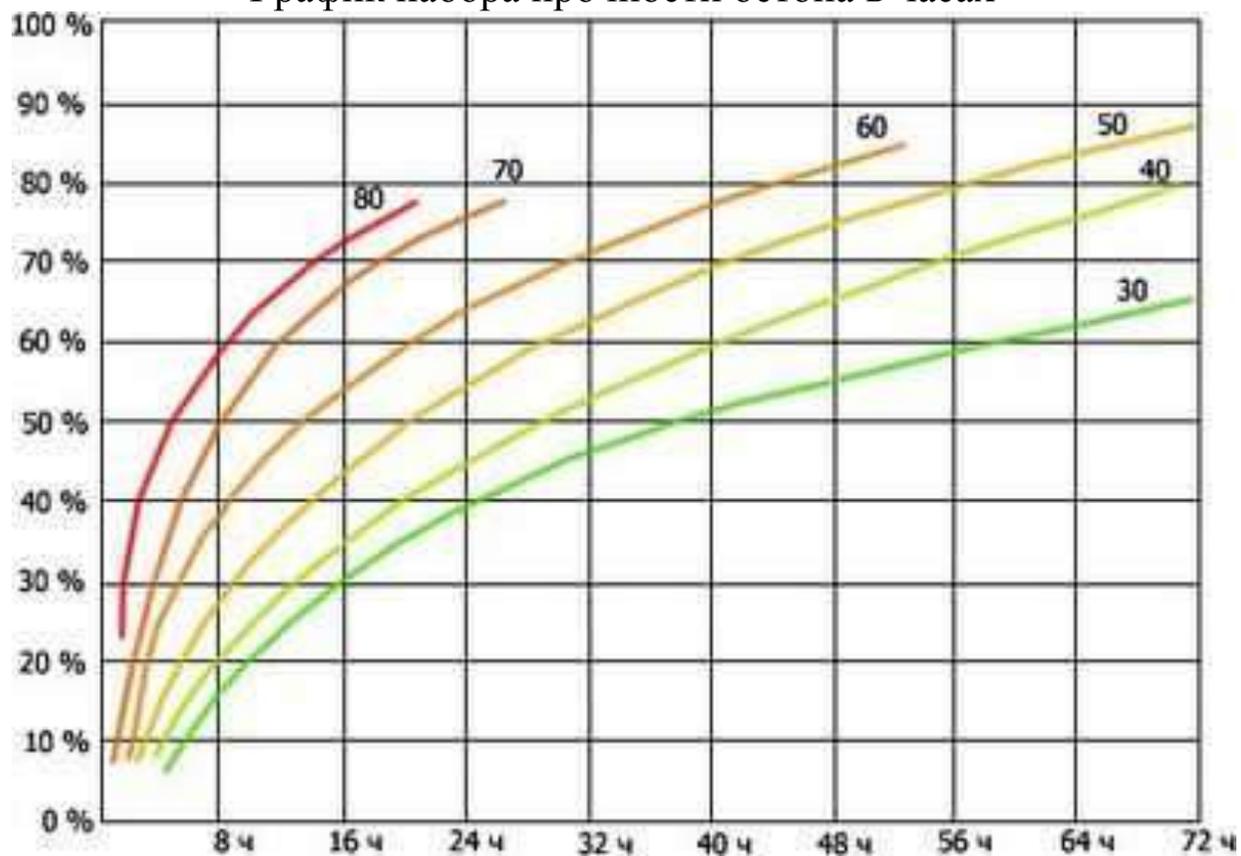
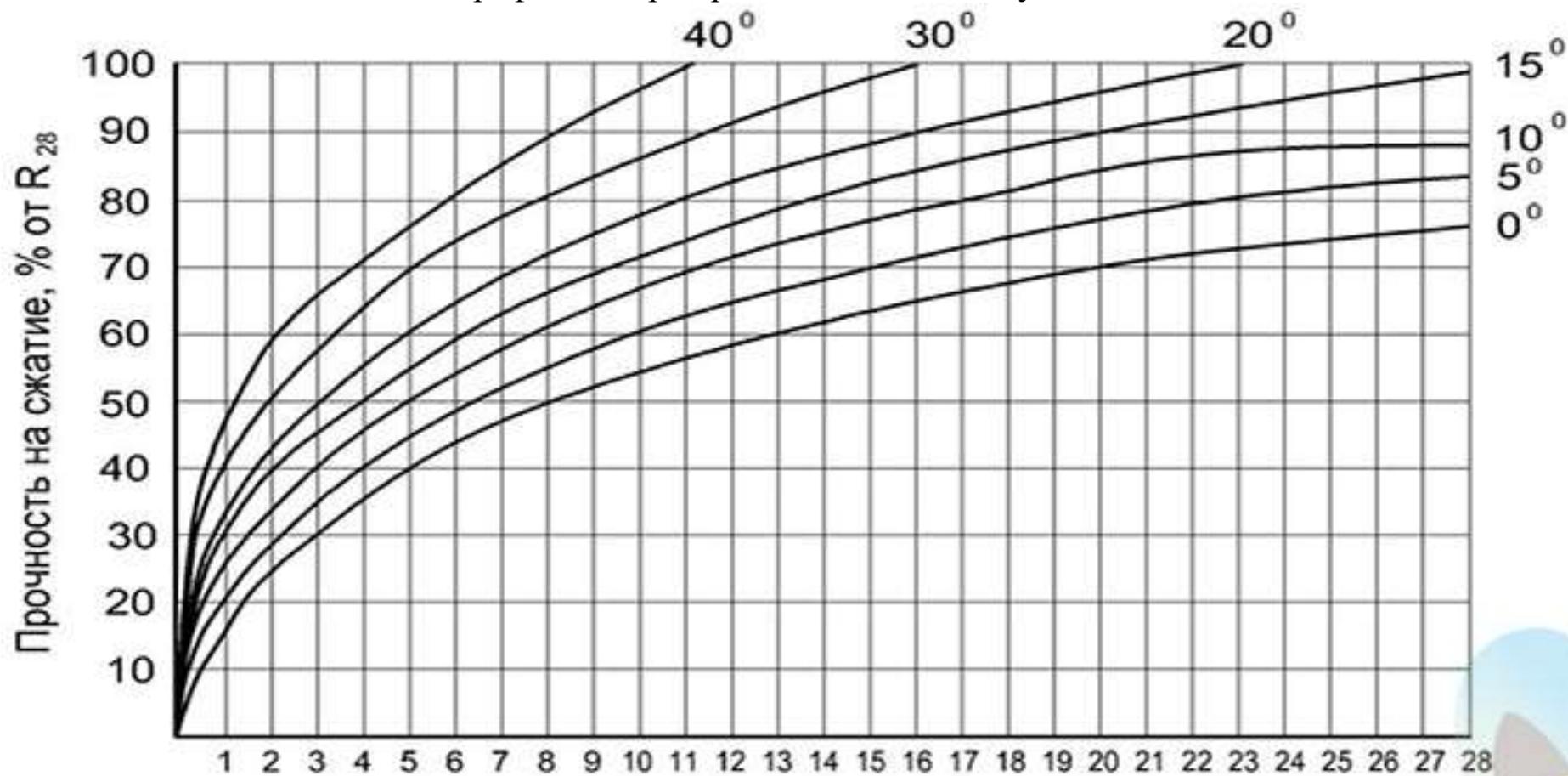


График набора прочности бетона в сутках



## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица 8.1

### Технические характеристики самоходных ленточных бетоноукладчиков

Показатель	УБК-132	БУ-1	БУМ-1	ЭМ-44	ЛБУ-20
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	11	11	9	15	20
Базовая машина	трактор ДТ-75	трактор С-100ПГ	погрузчик Т-107	трактор С-100М	экскаваторный гусеничный ход Э-303
Длина стрелы ленточного конвейера, м	14,9	12,6	10,0	16,0	21,0
Вылет стрелы, м	11,0	10,0	10,0	14,0	3-20
Угол поворота стрелы, град	100	150	20	180	360
Угол подъема стрелы, град	20	15	10	10	60
Высота подачи бетонной смеси, м	5,5	до 3,0	2,8	до 5,5	до 8,0
Вместимость приемного бункера, м <sup>3</sup>	1,6	2,4	1,6	1,6	3,2
Обслуживающие рабочие, чел.	2	2	3	3	2

Таблица 8.2

Технические характеристики бетононасосных установок  
с гидравлическим приводом

Показатель	СБ-161	СБ-85	СБ-95	С-296А
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	5–60	25	25	10
Дальность подачи, м:				
по вертикали	70	50	50	40
по горизонтали	350	350	350	250
Внутренний диаметр бетоновода, мм	150	207	207	150
Вместимость приемного бункера, м <sup>3</sup>	0,6	0,55	0,55	0,45
Мощность двигателя, кВт	100,0	57,7	57,7	16,8
Масса (без бетоновода), кг	5500	6500	11300	2850

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Исходные данные для определения себестоимости эксплуатации машин

Марка крана	$C_{инв}, р.$	$E_0, р.$	$C_{маш.-ч}, р.$	Марка крана	$C_{инв}, р.$	$E_0, р.$	$C_{маш.-ч}, р.$
МКГ-6,3	20890	45,3	2,47	МКА-10М	19010	10,47	3,440
МКГ-10	22290	45,3	3,37	К-162	19110	11,15	3,990
Э-801	16960	51,2	3,03	МКА-16	27420	11,15	4,320
Э-10011	18410	74,0	3,39	К-124	17500	34,10	4,040
Э-1003	15230	74,0	2,98	К-161	21000	37,80	4,895
Э-1004	17810	74,0	3,07	МКП-16	34120	37,80	5,370
МКГ-16	23600	74,0	3,43	МКП-25	36120	58,90	5,800
МКГ-16М	30700	74,0	4,32	К-255	31870	67,20	5,440
МКГ-20	33810	74,0	4,42	К-401	42530	101,20	6,480
МКГ-25	31100	76,0	4,55	МКП-40	77780	65,40	7,490
Э-1252	23280	74,0	4,01	К-631	86490	101,20	10,150
Э-1254	23280	74,0	4,01	Бетононасосы			
Э-1258	25200	74,0	4,08	С-296А	5030	1352	1,330
ДЭК-25	23700	87,8	5,00	СБ-85,86	6920	2138	1,690
СКГ-25	36290	87,8	5,36	СБ-161	13375	4549	2,490
СКГ-30	38550	87,8	5,43	Бетоноукладчики			
СКГ-40	44470	87,8	5,93	УБК-132	1733	162	1,230
СКГ-40БС	45170	115,6	5,95	БУ-1	3930	227	1,620
СКГ-50	61730	121,42	8,26	БУМ-1	3103	231	1,280
ДЭК-50	73100	121,42	8,58	ЭМ-44	3930	227	1,620
				ЛБУ-20	6960	246	1,650

Примечание: стоимостные показатели приведены в ценах 1987 года.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

### Предельные расстояния транспортирования бетонной смеси

Вид Дорожного покрытия	Скорость транспор- тирования, км/ч	Расстояние перевозки, км				
		автобетоносмеситель			автобетоновоз	автосамосвал
		при режиме транспортирования				
		А	Б	В		
Жесткое, асфальт, асфальтобе- тон	30	расстояние не ограни- чено	до 120	до 100	до 45	до 25
Мягкое грунтовое, щебеночное улучшенное	15	Применение не рекомендуется (быстрый выход из строя)			до 15	до 12

Режим А – включение барабана в пути следования за 10–20 мин до разгрузки на строящемся объекте.

Режим Б – включение барабана сразу же после наполнения компонентами бетонной смеси.

Режим В – периодическое включение и выключение барабана в пути следования.

Специализированные автомобили для доставки бетонной смеси

Таблица 11.1

Автобетоносмесители

Показатели	СБ-69Б	СБ-92-1А	СБ-159	СБ-127	СБ-130	АМ-9НА
Базовый автомобиль	МАЗ-503	КамАЗ-5511	КамАЗ-5511	КамАЗ-5511	КамАЗ-5412	КрАЗ-258
Вместимость смесительного барабана по готовому замесу, м <sup>3</sup>	2,5	4,0	5,0	6,0	8,0	9,0
Габаритные размеры, мм:						
длина	6630	7280	7380	7380	11200	11870
ширина	2630	2500	2500	2500	2500	2630
высота	3420	3350	3520	3480	3650	3800

Таблица 11.2

## Автобетоновозы

Показатель	СБ-113	СБ-113М	СБ-124	СБ-128	АЗ-32
Модель автошасси	ЗИЛ-130Д	МАЗ-504Г	КамАЗ-5511	КрАЗ-6505	МАЗ-503А
Вместимость кузова, м <sup>3</sup>	1,6	3,0	4,0	6,0	3,2
Габаритные размеры, мм:					
длина	5730	5850	6790	7985	6450
ширина	2500	2600	2880	2500	2500
высота	2675	2640	2880	3200	2755

Таблица 11.3

## Автосамосвалы

Показатель	ЗИЛ-131	ЗИЛ-130Г	УРАЛ-375Н	КрАЗ-255Б	КамАЗ-5320	КрАЗ-257	МАЗ-514	МАЗ-516Б
Грузоподъемность, кг	3500	6000	7000	7500	8000	12000	14000	14500
Внутренние размеры платформы, мм:								
длина	3600	4685	4500	4565	5200	5770	6265	6265
ширина	2322	2326	2326	2500	2320	2480	2360	2360
Погрузочная высота, мм	1430	1450	1530	1600	1370	1495	1500	1415

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Таблица 12.1

Технические характеристики глубинных вибраторов с гибким валом

Показатели	Ед. изм.	Значение показателей для вибраторов					
		ИВ-17	ИВ-27	ИВ-47	ИВ-66	ИВ-67	ИВ-75
Вибронаконечник. Наружный диаметр корпуса	мм	36	51	76	38	51	28
Чистота колебаний	кол/мин	20000	15000	10000	20000	16000	2000
Возмущающая сила	кН	13,5	22,0	40,0	15,0	30,0	8,0
Длина рабочей части, гибкий вал	мм	350	400	440	360	410	400
Длина	мм	3300	3300	3010	3300	3280	3000
Диаметр сердечника	мм	13	13	16	98	31	28
Допускаемый радиус изгиба (не менее)	мм	300	300	350	250	280	300
Общая масса вибратора	кг	25,8	28,2	39,0	26,0	29,0	20,0
Радиус действия	мм	200–250	250–300	250–300	300–350	250–300	200–300

Таблица 12.2

Технические характеристики глубинных вибраторов  
со встроенным электродвигателем

Показатели	Ед. изм.	Значение показателей для вибраторов			
		ИВ-55	ИВ-56	ИВ-59	ИВ-60
Наружный диаметр корпуса	мм	51	76	114	133
Система вибрационного механизма	–	дебалансовая			
Длина рабочей части	мм	410	510	520	520
Частота колебаний	кол/мин	11000	11000	57000	5700
Возмущающая сила	кН	25	55	50	80
Масса	кг	10	19	22	30
Радиус действия	мм	200–300	250–300	300–400	350–450

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Таблица 13.1

Комплект оборудования, инструмента и инвентаря  
для установки и монтажа арматуры

Наименование, тип, основной параметр	Количество, шт.	Назначение
Сварочный полуавтомат А-765	1	Сварка арматуры
Сварочный трансформатор СТН-500	1	
Источник питания ПГС-500	1	
Электродержатель пружинный типа ЭД-2	2	
Лом обыкновенный типа ЛО-24	1	Перемещение каркасов в проектное положение
Щетка стальная прямоугольная ТУ-494-01-104-76	3	Очистка арматуры от грязи и бетона
Ключ-вилка	2	Гибка арматуры
Метр складной металлический	3	Разметка арматуры
Отвес типа О-400	2	Установка каркасов в проектное положение
Рулетка стальная простая РС-20	1	Измерение длинномерных заготовок
Комплект слесарного инструмента	1	Установка и сварка арматуры
Шаблоны для проверки сварных швов	1	Проверка качества швов
Кабель сварочный ПРГ сечением 50 мм	50	Питание током электрооборудования
Стальные коробки	100	Сварка стыков арматуры

Таблица 13.2

**Комплект инструментов и приспособлений  
для производства опалубочных работ**

Наименование, тип, основной параметр инструмента	Количество, шт.	Назначение
Электросверло диаметром 20 мм	1	Устройство доборов по месту, устройство инвентарных поддерживающих лесов
Краскораспылитель	1	Смазка щитов опалубки перед их установкой
Молотки плотничные типа МПЛ	2	Крепление закладных деталей
Гаечный ключ разводной 19×30	1	Установка креплений и соединителей
Щетка металлическая	1	Очистка швов опалубки от бетона и грязи
Кисть маховая типа КМ-60	2	Нанесение смазки на щиты
Ломы лапчатые типа ЛЛ-28	1 комплект	Распалубливание бетона
Метр складной металлический	2	Разметка опалубки
Отвес типа О-400	1	Проверка вертикальности конструкций
Уровень строительный УМ 2-700	1	Проверка положения плоскостей
Рулетка измерительная металлическая типа РС-20	1	Разметка опалубки
Подмости шарнирно-панельные или навесные	2	Для работы на высоте

Таблица 13.3

## Комплект инструмента и инвентаря для укладки бетонной смеси

Наименование инструмента	Количество, шт.	Назначение
Лопата растворная ЛР	3	Распределение и разравнивание бетонной смеси
Скребок БИЗ-00-00-00	1	Удаление пленки с поверхности ранее уложенного бетона
Шуровка плоская БИИ-00-00-00	2	Распределение бетонной смеси в армированных конструкциях
Скребок БИЗ-00-00-00	1	Удаление цементного молока с поверхности
Гладилка ГБК №1	1	Заглаживание открытой поверхности
Конопатка К-40	2	Заделка щелей в опалубке
Метр складной	1	Замеры конструкций
Отвес О-400	1	Проверка вертикальности конструкций

Таблица 14.1. Пример калькуляции для работ по прогреву бетонных конструкций

Обоснование (ЕНиР и др. нормы)	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	рабочих, чел.-ч.	машиниста, чел.-ч., (рабо- та машин, маш.-ч.)	рабочих, чел.-ч.	машиниста, чел.-ч., (рабо- та ма- шин, маш.-ч.)
1	2	3	4	5	6	7	8
Е23-6-2 № 35	Установка трансформаторной подстанции в зоне прогрева	шт.	1	2,5	–	2,5	–
Е1-19 № 2а	Переноска инвентарных секций шинопровода (при массе секций 10 кг)	т	0,06	1,2	–	0,072	–
Е23-6-17 № 1в	Установка инвентарных секций шинопровода (при массе секций 10 кг)	100 м	0,36	31,0	–	11,2	–
Е22-1-40 № 1а	Заготовка электродов	10 перерезов	20	0,08	–	1,6	–
Опытные данные ЦНИИОМТП Е 5-1-2	Установка защитного ограждения	м <sup>2</sup>	56	0,1	–	5,6	–
Е4-1-49А № 2	Укладка бетонной смеси	м <sup>3</sup>	19	0,34	–	6,46	–
Е1-6 № 14а, 6	Подача бетонной смеси	м <sup>3</sup>	19	0,42	0,21 (0,21)	7,98	4,0 (4,0)
Е4-1-50 № 2	Установка магистрали и присоединение к ней электродов, присоединение трансформаторной подстанции, укладка электродов в тело бетона. Снятие подводящих проводов магистрали после прогрева	1 м <sup>3</sup> прогретого бетона	19	0,98	–	18,62	–
Е23-4-14 Табл. 3, № 2	Проверка состояния изоляции кабеля мегомметром	1 кабель	7	0,24	–	1,7	–
Тарифно- квалификационный справочник	Электропрогрев бетонной смеси	час	17	1	–	17	–
Е4-1-54 № 10	Устройство гидро- и теплоизоляции	100 м <sup>2</sup>	0,195	0,21	–	0,04	–
Е4-1-54 № 12	Снятие гидро- и теплоизоляции	100 м <sup>2</sup>	0,195	0,22	–	0,04	–
Е22-1-40 № 1а	Срезка электродов	10 перерезов	20	0,08	–	1,6	–
Е23-6-16 № 3 К = 0,3	Отсоединение секций шинопроводов	100 концов	1,08	2,25	–	2,4	–