

Таблица 56

Коэффициенты теплопередачи утеплителя различных видов

Вид утеплителя нормальной влажности с пленочным укрытием	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·°С), при скорости ветра, м/с		
	0	5	15
Сосновые опилки при толщине слоя 100 мм	0,74	0,89	0,90
Минераловатные маты на синтетическом связующем толщиной 50 мм	1,01	1,31	1,37
Шлак при толщине слоя 150 мм	1,27	1,77	1,87

5.2.2. Расчет параметров термообработки бетона греющим проводом в типовых конструкциях зданий

Ниже, на примере определения параметров термообработки бетона в типовых конструкциях зданий (колонн, стен и перекрытий), излагается методика, которая может быть рекомендована для расчета режима термообработки бетона в конструкциях любой формы и размеров.

Расчетные параметры термообработки бетона, приведенные в таблицах, следует использовать как предварительные и приближенные. Для ответственных конструкций расчетные параметры подлежат уточнению по результатам лабораторных испытаний образцов зимнего бетонирования.

Пример расчета тепловой обработки бетона колонны нагревательным проводом

Бетонирование (бетон класса В15, расход цемента 350 кг/м³) колонны с размерами А×В×С (500×500×7500 мм) производится в опалубке из досок толщиной 40 мм с примене-

5. Технология бетонирования с применением прогретых методов

нием нагревательного провода ПНСВ-1; с диаметром жилы 1,2 и трансформаторной подстанции КТП 63-ОБ.

Условия бетонирования следующие:

- температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, +15 °С;
- средняя температура наружного воздуха в течение суток –20 °С;
- скорость ветра 5 м/с;
- температура изотермического выдерживания бетона +40 °С.

Определение параметров режима термообработки бетона производится в следующей последовательности.

Принимается, что потери теплоты через торцы колонны незначительны (верхний открытый торец утеплен минеральной ватой), и поэтому они не учитываются.

Модуль поверхности охлаждения колонны M_n равен:

$$M_n = \frac{F_{охл}}{V_б} = \frac{27,64}{6,6} = 4,19 \text{ м}^{-1}.$$

Коэффициент теплопередачи доски K_T при скорости ветра 5 м/с определяем по табл. П.4.4 и принимаем $K_T = 3,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$.

Находим разницу температуры нагретого бетона и температуры наружного воздуха ΔT , которая составляет:

$$\Delta T = 40 - (-20) = 60 \text{ °С}.$$

Необходимую удельную мощность нагрева провода $P_{уд}$ определяем по номограмме (рис. П.4.2).

Между прямыми 2 и 4 коэффициента теплопередачи K_T , Вт/(м²·°С), проводим визуальную прямую, равную 3,6 Вт/(м²·°С).

Находим точку пересечения прямой $\Delta T = 60 \text{ °С}$ с ординатой $M_n = 8,0 \text{ м}^{-1}$ модуля поверхности колонны. Из этой точки

проводим горизонталь до пересечения с упомянутой прямой, равной $K_T = 3,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Опускаем перпендикуляр из этой точки на прямую расхода цемента $\rho = 350 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Проекция полученной точки на ординату удельной мощности нагрева провода указывает, что $P_{уд} = 320 \text{ Вт}/\text{м}$.

Шаг нагревательных проводов b определяем по формуле

$$b = 1 / (P_{уд} / p + 1) = 1 / (320 / 33 + 1) = 0,09 = 0,1 \text{ м},$$

где $p = 33 \text{ Вт}/\text{м}$ – удельная нагрузка на провод из рекомендуемого интервала 30–35 Вт/м для армированных конструкций.

Длина провода L , необходимого для навивки по схеме на рис. П.4.4 на арматурный каркас с шагом 10 см, составляет:

$$L = 2(A + B)C/b = 2(0,5 + 0,5)7,5/0,1 = 150 \text{ м}.$$

Далее, по номограмме (рис. П.4.3), подбираем длину нагревателя, близкую к кратной 150 м, и рабочее напряжение.

Между кривыми, с диаметром провода d 1,4 и 1,1 мм, проводим визуальную кривую, равную $d = 1,2 \text{ мм}$.

Из точки на абсциссе удельной нагрузки $p = 33 \text{ Вт}/\text{м}$ проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой $d = 1,2 \text{ мм}$. Опускаем перпендикуляр из этой точки на кривые рабочего напряжения U , В. Проекция точек пересечения на ординату длины нагревателя позволяют подобрать длину нагревателя l , м. Наиболее близким значением является длина нагревателя 25 м при рабочем напряжении $U = 55 \text{ В}$. Таким образом, на поверхностях охлаждения колонны укладывается 6 нагревателей по 25 м каждый.

Удельный расход провода (на 1 м бетона) составит $150,0/1,87 \sim 80,0 \text{ м}$.

Режим термообработки бетона определим с учетом и при условии, что прочность бетона составит не менее 70 % от R_{28} .

Продолжительность нагрева при скорости нагрева $4,0 \text{ }^\circ\text{С}/\text{ч}$ составляет не менее 6 ч, изотермическая выдержка при $+40 \text{ }^\circ\text{С}$ по графику (рис. П.4.5) – 60 ч, а остывания до нуля при скорости остывания $2,0 \text{ }^\circ\text{С}/\text{ч}$ – не менее 20 ч.

Аналогичные расчеты были выполнены при температуре воздуха -10 и $-15 \text{ }^\circ\text{С}$. Основные параметры термообработки бетона в колонне сведены в табл. 57.

Таблица 57

Температура воздуха, $^\circ\text{С}$	Удельная мощность нагрева $P_{уд}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Шаг нагревателя b , мм	Диаметр провода d , мм	Длина нагревателя, м	Напряжение тока U , В
-10	230	140	1,1	20	48
			1,2	25	55
			1,4	30	60
-15	280	120	1,1	20	48
			1,2	25	55
			1,4	30	60

Пример расчета тепловой обработки бетона стены нагревательным проводом

Бетонирование (бетон класса В15, расход цемента $350 \text{ кг}/\text{м}^3$) стены с размерами $A \times B \times C$ ($3000 \times 500 \times 6000 \text{ мм}$) производится в инвентарной стальной опалубке с размерами щита $2000 \times 1000 \text{ мм}$, утепленной минераловатными плитами толщиной 60 мм. Для термообработки бетона предусмотрены нагревательный провод ПНСВ-1 диаметром 1,4 мм и трансформаторная подстанция типа КТПТО-80-86 VI.

Условия бетонирования следующие:

- температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, $+5 \text{ }^\circ\text{С}$;
- средняя температура наружного воздуха в течение суток $-15 \text{ }^\circ\text{С}$;

– скорость ветра 3 м/с;
– температура изотермического выдерживания бетона +45 °С.

Определение параметров режима термообработки бетона производится в следующей последовательности.

Принимается, что потери теплоты через верхнюю и нижнюю поверхности стены незначительны (верхняя открытая поверхность надежно укрыта теплоизоляционным материалом) и поэтому не учитываются.

Модуль поверхности охлаждения стены M_n равен:

$$M_n = \frac{F_{\text{охл}}}{V_6} = \frac{39,0}{9,0} = 4,3 \text{ м}^{-1}.$$

Коэффициент теплопередачи опалубки K_T определим по формуле

$$K_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2,8} + \frac{0,06}{0,6} + \frac{1}{25}\right)} = 2,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)},$$

где α_n – 2,8 Вт/(м²·°С) – коэффициент передачи теплоты от опалубки излучением; δ_i = 0,06 м – толщина слоя теплоизоляционного материала; λ_i = 0,6 Вт/(м·°С) – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала; α_k = 25,0 Вт/(м²·°С) – коэффициент передачи теплоты конвекцией при скорости ветра 3 м/с.

Находим разницу температуры нагретого бетона и температуры наружного воздуха ΔT , которая составит:

$$\Delta T = 45 - (-15) = 60 \text{ °С}.$$

Необходимую удельную мощность нагрева бетона $P_{\text{уд}}$ определим по номограмме (рис. П.4.2).

Находим точку пересечения прямой $\Delta T = 60 \text{ °С}$ с ординатой $M_n = 4,3 \text{ м}^{-1}$ модуля поверхности стены. Из этой точки проводим горизонталь до пересечения с прямой коэффициента теплопередачи, равной $K_T = 2,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$.

Опускаем перпендикуляр из этой точки на прямую расхода цемента $\rho = 350 \text{ кг/м}^3$.

Проекция полученной точки на ординату удельной мощности нагрева указывает, что $P_{\text{уд}} = 250 \text{ Вт/м}^2$.

Шаг нагревательных проводов b определяем по формуле

$$b = 1/(P_{\text{уд}}/p + 1) = 1/(250/34 + 1) = 0,12 \text{ м},$$

где $p = 34 \text{ Вт/м}$ – удельная нагрузка на провод $d = 1,1\text{--}1,4$ из рекомендуемого интервала; $p = 30\text{--}35 \text{ Вт/м}$ – для армированных конструкций.

Длина провода L , необходимая для навивки по схеме на рис. П.4.4 на арматурный каркас с шагом 12 см, составляет:

$$L = 2A(C + B)/b = 2 \cdot 3(6 + 0,5)/0,12 \sim 324 \text{ м}.$$

Далее, по номограмме (рис. П.4.3), подбираем длину нагревателя, близкую к кратной 324 м, и рабочее напряжение.

Из точки на абсциссе удельной нагрузки $p = 34 \text{ Вт/м}$ проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой $d = 1,4 \text{ мм}$. Опускаем перпендикуляр из этой точки на кривые рабочего напряжения $U, В$. Проекция точек пересечения на ординату длины нагревателя позволяют подобрать длину нагревателя. Наиболее близким значением является длина нагревателя 27 м при рабочем напряжении $U = 58 \text{ В}$. Таким образом, на поверхностях охлаждения стены укладывается 12 нагревателей по 27 м каждый. Удельный расход провода (на 1 м бетона) составит $324,0/9,0 = 36,0 \text{ м}$.

Режим термообработки бетона определим при условии, что прочность бетона составит не менее 70 % от R_{28} . Продолжительность нагрева при скорости нагрева $4,0 \text{ °С/ч}$ составляет не менее 10 ч, изотермическая выдержка при +45 °С по графику (рис. П.4.5) – 48 ч и остывания до нуля при скорости остывания $2,0 \text{ °С/ч}$ – не менее 22 ч.

Аналогичные расчеты были выполнены при температуре воздуха -10 и -20 °С. Основные параметры термообработки бетона в стене сведены в табл. 58.

Таблица 58

Температура воздуха, °С	Удельная мощность нагрева $P_{уд}$, Вт/м ²	Шаг нагревателя b , мм	Диаметр провода d , мм	Длина нагревателя, м	Напряжение тока U , В
-10	230	140	1,1	20	48
			1,2	25	55
			1,4	27	58
-15	250	120	1,1	20	48
			1,2	25	55
			1,4	27	58

Пример расчета тепловой обработки бетона перекрытия нагревательным проводом

Бетонирование (бетон класса В25, расход цемента 400 кг/м) перекрытия с размерами $A \times B \times C$ ($6000 \times 6000 \times 200$ мм) производится в опалубке из ламинированной фанеры толщиной 21 мм. Открытая поверхность перекрытия утепляется минераловатными плитами толщиной 80 мм, термоактивными гибкими покрытиями (ТАГП) или греющими плоскими элементами (ГЭП).

Для термообработки бетона предусмотрены нагревательный провод ПНСВ-1 диаметром 1,2 мм и трансформаторная подстанция типа КТПТО-80-86.

Условия бетонирования следующие:

- температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, $+10$ °С;
- температура изотермического выдерживания бетона $+45$ °С;
- температура наружного воздуха: днем -16 °С, ночью -20 °С;

– скорость ветра 1,5 м/с.

Определение параметров режима термообработки бетона производится в следующей последовательности.

Принимается, что потери теплоты через открытую верхнюю поверхность перекрытия незначительны (надежно укрыта теплоизоляционным материалом) и поэтому не учитываются.

Модуль поверхности охлаждения перекрытия M_n при этом равен:

$$M_n = \frac{F_{охл}}{V_6} = \frac{40,8}{7,2} = 6,0 \text{ м}^{-1}.$$

Коэффициент теплопередачи опалубки K_T определим по формуле:

$$K_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2,8} + \frac{0,021}{0,4} + \frac{1}{20}\right)} = 2,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}),$$

где α_n – 2,8 Вт/(м²·°С) – коэффициент передачи теплоты от опалубки излучением; δ_i = 0,021 м – толщина ламинированной фанеры; λ_i = 0,4 Вт/(м·°С) – коэффициент теплопроводности ламинированной фанеры; α_k = 20,0 Вт/(м²·°С) – коэффициент передачи теплоты конвекцией при скорости ветра 3 м/с.

Находим разницу температуры ΔT нагретого бетона и средней температуры наружного воздуха в течение суток, равной -18 °С:

$$\Delta T = 45 - (-18) = 63 \text{ °С}.$$

Необходимую удельную мощность нагрева бетона $P_{уд}$ определяем по номограмме (рис. П.4.2).

Находим точку пересечения прямой $\Delta T = 63$ °С с ординатой $M_n = 6,0 \text{ м}^{-1}$ модуля поверхности перекрытия. Из этой точки проводим горизонталь до пересечения с прямой коэффициента теплопередачи, равной $K_T = 2,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$.

Опускаем перпендикуляр из этой точки на прямую расхода цемента $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$.

Проекция полученной точки на ординату удельной мощности нагрева указывает, что $P_{уд} = 300 \text{ Вт/м}^2$.

Шаг нагревательных проводов b определяем по формуле

$$B = 1/(P_{уд}/p + 1) = 1/(300/34 + 1) = 0,10 \text{ м,}$$

где $p = 34 \text{ Вт/м}$ – удельная нагрузка на провод $d = 1,1-1,4$ из рекомендуемого интервала; $p = 30-35 \text{ Вт/м}$ – для армированных конструкций.

Длина провода, необходимого для укладки в нижнем уровне арматуры по схеме (рис. П.4.4) с шагом 10 см, составляет:

$$L = B(A/b + 1) + A = 6(6/0,1 + 1) + 6 = 372 \text{ м.}$$

Далее, по номограмме (рис. П.4.3), подбираем длину нагревателя, близкую к кратной длине провода, и рабочее напряжение.

Между кривыми 1,4 и 1,1 мм диаметра провода d проводим визуальную кривую, равную $d = 1,2 \text{ мм}$.

Из точки на абсциссе удельной нагрузки $p = 34 \text{ Вт/м}$ проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой $d = 1,2 \text{ мм}$. Опускаем перпендикуляр из этой точки на кривые рабочего напряжения $U, В$. Проекция точек пересечения на ординату длины нагревателя позволяют подобрать длину нагревателя. Наиболее близким значением является длина нагревателя 25 м при рабочем напряжении $U = 55 \text{ В}$. Таким образом, в перекрытие укладывается 15 нагревателей по 25 м каждый.

Удельный расход провода (на 1 м^3 бетона) составит: $372,0/7,2 \sim 52,0 \text{ м}$.

Режим термообработки бетона определим с учетом рекомендаций разд. 5.2 и при условии, что прочность бетона составит не менее 70 % от R_{28} . Продолжительность нагрева при скорости нагрева $4,0 \text{ }^\circ\text{C/ч}$ составляет не менее 9 ч, изотермическая

выдержка при $+45 \text{ }^\circ\text{C}$ по графику (прил. 12) – 48 ч и остывания до нуля при скорости остывания $2,0 \text{ }^\circ\text{C/ч}$ – не менее 22 ч.

Аналогичные расчеты были выполнены при температуре воздуха $-10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Основные параметры термообработки бетона в перекрытии сведены в табл. 59.

Таблица 59

Температура воздуха, $^\circ\text{C}$	Удельная мощность нагрева $P_{уд}, \text{ Вт/м}^2$	Шаг нагревателя $b, \text{ мм}$	Диаметр провода $d, \text{ мм}$	Длина нагревателя, м	Напряжение тока $U, \text{ В}$
-10	230	140	1,1	20	48
			1,2	25	55
			1,4	27	58
-18	300	100	1,1	20	48
			1,2	25	55
			1,4	27	58

5.3. Прогрев бетона в греющих опалубках

Область применения

Областью применения электрообогрева монолитных конструкций греющей опалубкой с трубчатыми электронагревателями являются фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и др. с модулем поверхности $M_n = 3-6 \text{ м}^{-1}$; колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с модулем поверхности $M_n = 6-10 \text{ м}^{-1}$; полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности $M_n = 10-20 \text{ м}^{-1}$, бетонирование которых производится при минимальной температуре воздуха до $-40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица П.4.3

Средняя месячная температура воздуха, °С

Край, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Алтайский край												
Барнаул	-17,5	-16,1	-9,1	2,1	11,4	17,7	19,8	16,9	10,8	2,5	-7,9	-15
Рубцовск	-17,5	-16,4	-8,9	3,6	12,6	18,7	20,5	17,7	11,8	3,7	-7,1	-14,9
Читинская область												
Чара	-33,8	-29,7	-18,3	-4,9	4,4	12,7	16,2	13	5,2	-6,4	-22	-31,9
Чита	-26,2	-22,2	-11,1	-0,4	8,4	15,7	17,8	15,2	7,7	-1,8	-14,3	-23,5
Кемеровская область												
Кемерово	-18,8	-16,9	-9,8	1	9,7	16,3	18,8	15,4	9,5	1,3	-9,6	-16,9
Киселевск	-17,2	-15,5	-8,1	2	10	16,6	18,8	15,8	10	2,2	-8,3	-15,4
Новокузнецк	-17,2	-15,5	-8,1	2	10	16,6	18,8	15,8	10	2,2	-8,3	-15,4
Прокопьевск	-17,2	-15,5	-8,1	2	10	16,6	18,8	15,8	10	2,2	-8,3	-15,4
Мариинск	-17,8	-16,2	-9,3	0,8	9	15,9	18,3	15,2	9,1	1	-9,1	-16,2
Красноярский край												
Ачинск	-17,7	-15,6	-9,1	0,4	8,6	15,6	17,9	15	9	0,6	-9,3	-16,3
Красноярск	-17,7	-15,6	-9,1	0,4	8,6	15,6	17,9	15	9	0,6	-9,3	-16,3
Минусинск	-20,8	-19	-8,9	3	10,5	17,2	19,8	16,9	10	1,9	-8,9	-17,8
Томская область												
Асино	-19,1	-16,9	-9,9	0	8,7	15,4	18,3	15,1	9,3	0,8	-10,1	-17,3
Колпашево	-20,7	-18,7	-10,8	-0,7	7,3	15,2	18	14,4	8,7	0,1	-11,4	-19,4
Томск	-19,1	-16,9	-9,9	0	8,7	15,4	18,3	15,1	9,3	0,8	-10,1	-17,3
Новосибирская область												
Новосибирск	-18,8	-17,3	-10,1	1,5	10,3	16,7	19	15,8	10,1	1,9	-9,2	-16,5
Иркутская область												
Иркутск	-20,6	-18,1	-9,4	1	8,5	14,8	17,6	15	8,2	0,5	-10,4	-18,4

Таблица П.4.4

Коэффициент теплопередачи опалубки различной конструкции K_t

Тип опалубки	Материал	Толщина слоя, мм	Коэффициент		
			Скорость 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	-			
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			
VI	Фанера	4	1,02	1,27	1,33
	Металл	3			
	Вата минеральная	50			
VII*	Фанера	10	2,44	5,1	5,8
	Асбест	4			
	Фанера	10			
VIII	Толь	-	0,74	0,89	0,9
	Опилки	100			
IX	Толь	-	1,27	1,77	1,87
	Шлак	150			
X	Толь	-	1,01	1,31	1,37
	Вата минеральная	50			

* Применяется с сетчатым нагревателем, расположенным между слоями асбеста.

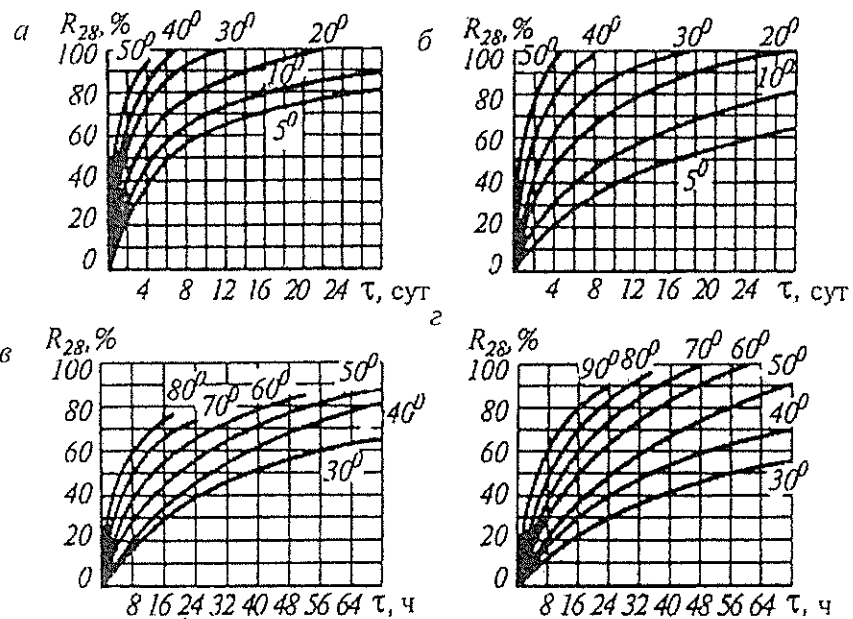


Рис. П.4.1. Кривые набора прочности бетоном классов В15–В22,5: а – при температуре твердения до 50 °С на портландцементе М400–500; б – то же, при температуре твердения до 80 °С; в – при температуре твердения до 50 °С на шлакопортландцементе М400–500; г – то же, при температуре до 90 °С

Таблица П.4.5

Техническая характеристика масляных трёхфазных силовых трансформаторов

Марка	Мощность, кВ·А
ТМ 63/6	63
ТМ 63/10	
ТМ 100/6	100
ТМ 100/10	
ТМ 160/6	160
ТМ 160/10	
ТМ250/6	250
ТМ 250/10	

Окончание табл. П.4.5

Марка	Мощность, кВ·А
ТМ 400/6	400
ТМ 400/10	
ТМ 630/6	630
ТМ 630/10	
ТМ 1000/6	1000
ТМ 1000/10	

Таблица П.4.6

Техническая характеристика понижающих трансформаторов

Марка	Мощность, кВт	Напряжение, В		Сила тока, А		Масса, кг	Габариты, мм
		первичное	вторичное	первичное	вторичное		
ТСПК-20А	20	380, 220	6, 12, 22, 38, 48, 62, 101	–	480, 320, 240, 160, 120	260	775×775 ×740
ТМОА-50	50	380	49, 60, 70, 85, 103, 121	76, 65, 53	418, 239	473	980×930 ×1232
ТМОБ-63	63	380	49, 60, 70, 85, 103, 121	96, 82, 69	520, 301	900	1150×1200 ×890
ТМО-50/10	50	380, 220	50, 61, 87, 106	131, 76	670, 470, 320, 270	890	1450×1290 ×890
ТМ-75/6	50	380, 220	50, 61, 87, 106	131, 76	572, 470, 330, 272	650	1050×1290 ×740
КТП-06-63	63	380	49, 60, 70, 85, 103, 121	–	–	900	–

Таблица П.4.7

Удельное электрическое сопротивление бетона на ПЩ
разных заводов

Завод-изготовитель цемента	Величина удельного электросопротивления бетона, Ом·м	
	$R_{\text{нвч}}$	$R_{\text{мин}}$
Алексеевский	7,2	4,3
Белгородский	18,8	12,2
Воскресенский	7,2	4,9
Николаевский	6,2	4
Ростовский	8,5	7,2
Сухоложский	10,6	6,9
Чернореченский	7,9	5,5

Таблица П.4.8

Значение коэффициентов лучистого потока $\Phi_{\text{н-п}}$, $\Phi_{\text{н-о}}$, $\Phi_{\text{о-н}}$

Коэффициенты	Значения коэффициентов при S/d , равном					
	1	2	5	10	20	50
$\Phi_{\text{н-п}}$, $\Phi_{\text{н-о}}$	0,318	0,417	0,466	0,48	0,482	0,49
$\Phi_{\text{о-н}}$	1	0,656	0,293	0,151	0,077	0,031

Примечание. Для промежуточных значений S/d величина ϕ определяется по правилу линейной интерполяции.

Таблица П.4.9

Значение коэффициента лучистого потока $\Phi_{\text{о-п}}$

Величина α_1/h	Значения $\Phi_{\text{о-п}}$ при α_2/h , равном							
	0,1	1	5	10	50	100	500	10000
0,1	0	0,013	0,032	0,034	0,041	0,048	0,049	0,049
1	0,015	0,195	0,358	0,388	0,411	0,412	0,413	0,414
5	0,032	0,299	0,564	0,793	0,8	0,815	0,818	0,819
10	0,04	0,385	0,729	0,812	0,822	0,895	0,9	0,905
50	0,044	0,469	0,813	0,866	0,959	0,968	0,977	0,98
100	0,045	0,6	0,815	0,893	0,967	0,972	0,98	0,985

Окончание табл. П.4.9

Величина α_1/h	Значения $\Phi_{\text{о-п}}$ при α_2/h , равном							
	0,1	1	5	10	50	100	500	10000
500	0,046	0,681	0,818	0,9	0,974	0,983	0,993	0,998
1000	0,05	0,707	0,82	0,905	0,98	0,99	0,998	0,999

Примечание. Для промежуточных значений α_1/h и α_2/h величина $\Phi_{\text{о-п}}$ определяется по правилу линейной интерполяции.

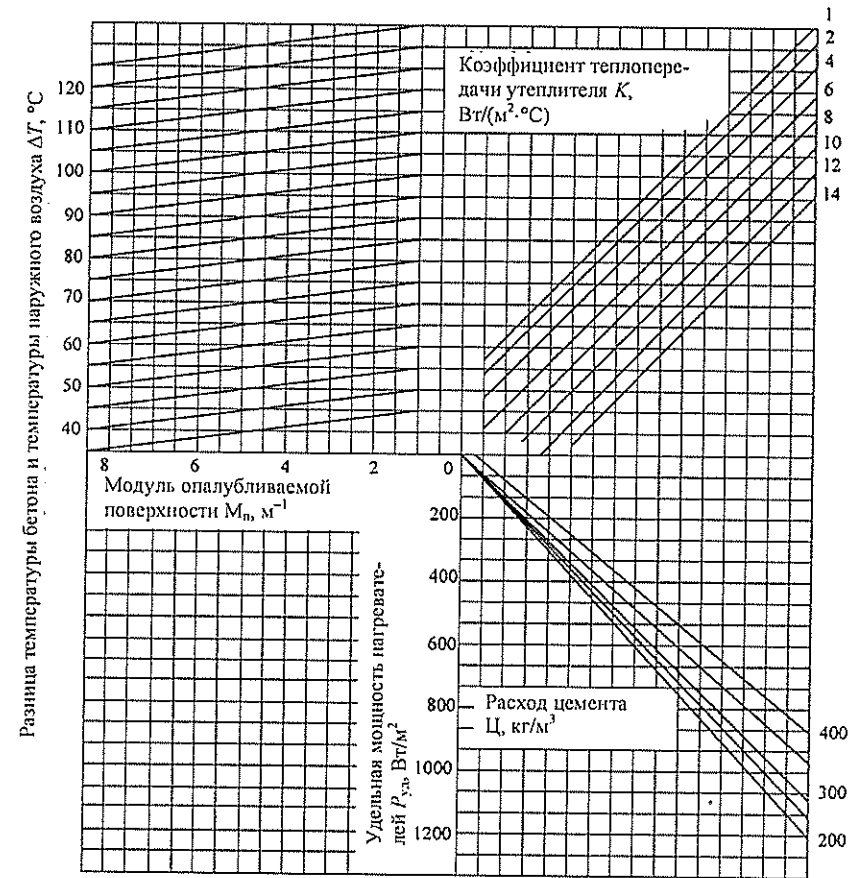


Рис. П.4.2. Номограмма для определения удельной мощности нагрева бетона

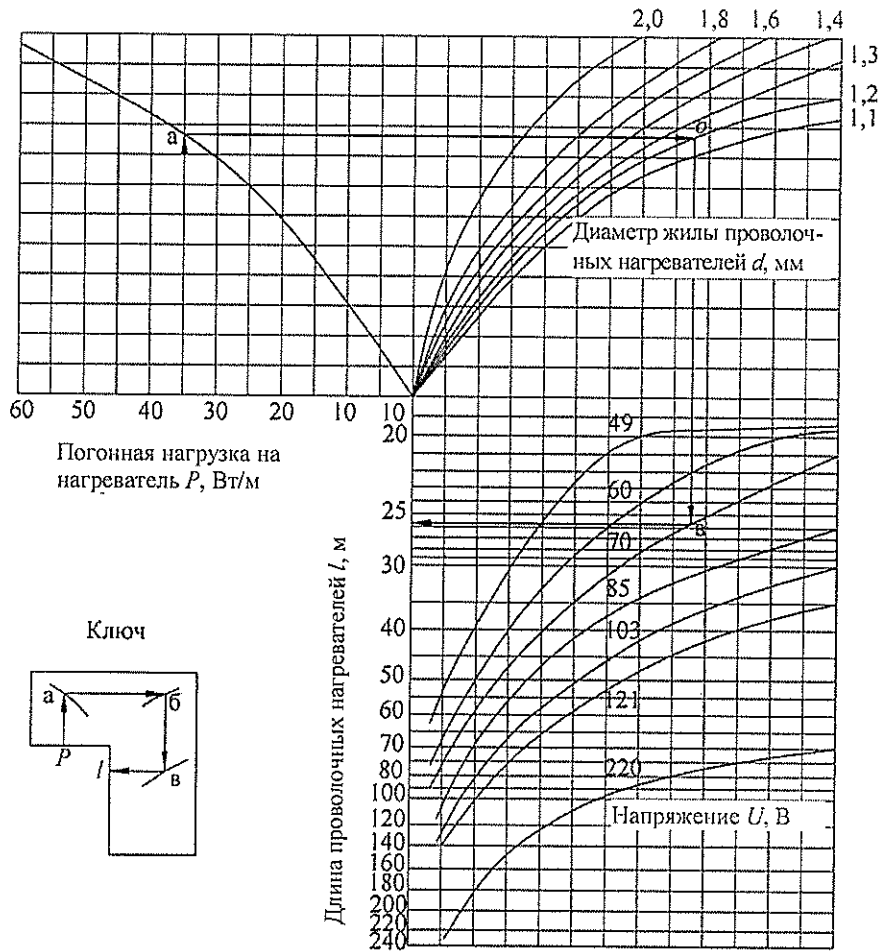


Рис. П.4.3. Номограмма для определения длины нагревателей

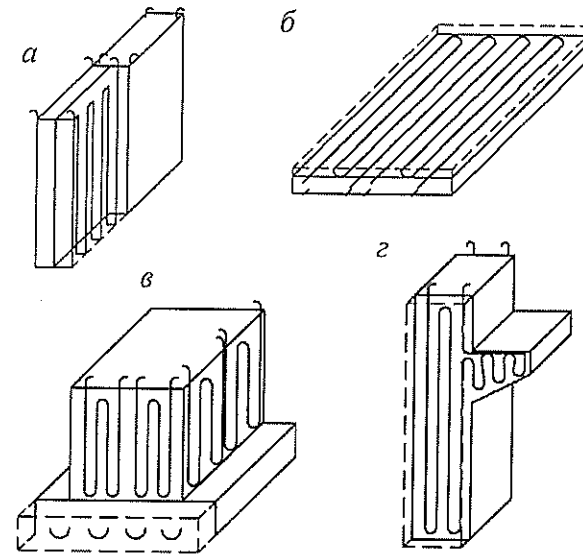


Рис. П.4.4. Навивка нагревательных проводов в типовых конструкциях: а – в стенах; б – в перекрытиях; в – в столбчатых фундаментах; г – в колоннах

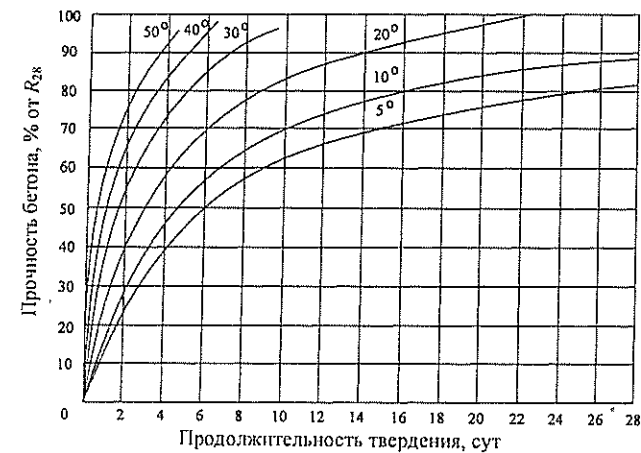


Рис. П.4.5. Прочность бетона в зависимости от температуры и продолжительности выдерживания