

**ЗАДАНИЕ**  
к лабораторным работам  
по дисциплине «Современные технологии монолитного  
и сборно-монолитного строительства»  
для студентов ИИФО направления 08.04.01 «Строительство»

**ВВЕДЕНИЕ**

Согласно учебного плана студенты заочной формы обучения направления 08.04.01 «Строительство» выполняют лабораторные работы по дисциплине «Современные технологии монолитного и сборно-монолитного строительства».

В Дальневосточном регионе климатические условия суровее, чем в европейской части России, т.е. период с низкими температурами, при которых бетон перестает набирать прочность в естественных условиях, в 1,5–2 раза продолжительнее.

В современной технологии монолитного строительства применяются различные методы термообработки бетона, поэтому важно знать преимущества каждого метода, для принятия обоснованного решения при производстве бетонных работ в зимних условиях. В реальных условиях производства сочетание двух, а в иных случаях и нескольких, методов может обеспечить требуемый уровень качества бетона.

Лабораторные работы рассматривают производство бетонных работ при отрицательных температурах.

**СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Текстовые материалы, оформленные в виде расчетно-пояснительной записки, должны содержать:

- 1) титульный лист по установленной форме;
- 2) содержание;
- 3) исходные данные;
- 4) основную часть, в объеме:
  - решение первой задачи методом термосного выдерживания бетона;
  - решение второй задачи методом термосного выдерживания бетона;
  - расчет параметров электротермопрогрева электродным способом бетона стен цокольного этажа жилого дома;
  - расчёт параметров электротермопрогрева бетона плиты перекрытия цокольного этажа жилого дома нагревательными проводами.
- 5) список используемой литературы.

**ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Вариант задания принимается по табл. 1. Согласно принятого варианта по таблицам 2-5 выбираются исходные данные для выполнения лабораторных работ.

*Лабораторные работы выполненные не по варианту к проверке не принимаются.*

Таблица 1 – Номера вариантов

№ Варианта	Ф.И.О. студента
1	Вартикян Г. А.
2	Васильева О. В.
3	Гуляева А. А.
4	Зайцев Е. Ч.
5	Кальмучин М. А.
6	Карпов П. А.
7	Каташов Д. А.
8	Качотян В. А.
9	Киселев В. Ю.
10	Ковалева А. В.
11	Коркина А. А.
12	Манихов Р. Х.
13	Пихтерева Е. А.
14	Поздеева А. Ю.
15	Романова Д. Р.
16	Филиппова Д. В.

**Лабораторные работы №1-2**

При термосном выдерживании бетона студент должен решить 2 задачи:

задача №1 – требуется определить продолжительность, остывания фундамента (рис.1) и прочность бетона к моменту достижения им температуры  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  по исходным данным представленным в табл.2;

задача №2 – подобрать конструкцию опалубки для ж/б балки при заданных продолжительности остывания бетона ( $\tau$ ) и прочности бетона ( $R_{28}$ ) к моменту остывания до температуры  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (исходные данные представлены в табл.3).

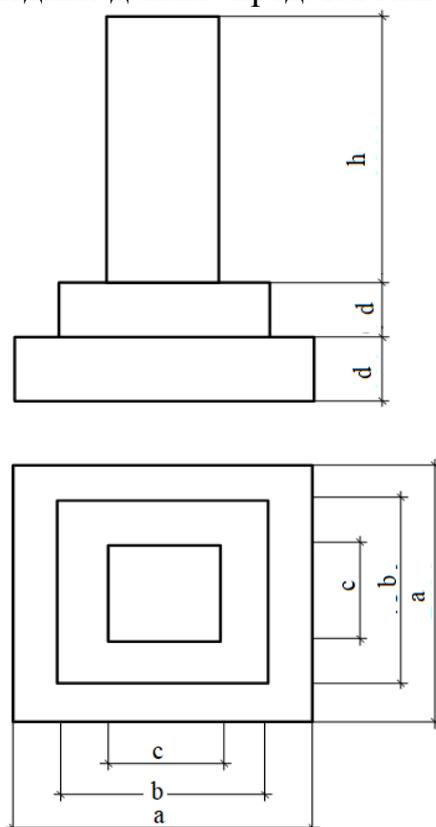


Рисунок 1 – Схема фундамента

Исходные данные для решения задач, связанных с выдерживанием бетона по способу термоса приводятся в табл.2-3.

Таблица 2 - Исходные данные для решения 1-ой задачи, методом термосного выдерживания бетона

№ ва риан та	Размеры фундамента, мм					Класс бето- на	ПЦ мар ки	Ц, кг/м <sup>3</sup>	Р <sub>1</sub> , кг/м <sup>3</sup>	t <sub>нв</sub> , °С	ско- рость ветра , м/с	t <sub>бн</sub> , °С
	a	b	c	d	h							
1	2600	2000	1400	600	5500	B25	400	300	110	-18	0	70
2	2400	2000	1600	500	3500	B30	500	310	120	-20	1	60
3	2000	1600	1200	400	2800	B25	400	300	100	-22	3	50
4	1800	1400	1000	400	2500	B30	500	290	90	-24	5	50
5	3000	2400	2000	600	4000	B25	400	300	110	-19	10	60
6	2800	2200	1800	500	4200	B30	500	320	120	-21	3	70
7	2700	2300	1700	600	4800	B25	400	300	100	-20	5	60
8	2500	2100	1700	500	5100	B30	500	310	110	-19	1	70
9	2900	2300	1900	600	5000	B25	400	300	100	-21	5	50
10	1900	1500	1100	500	3600	B30	500	290	90	-22	1	50
11	2100	1700	1100	600	3800	B25	400	280	90	-23	3	60
12	2600	2400	1200	500	4000	B30	500	310	100	-24	10	70
13	2300	1800	1400	600	3400	B25	400	280	90	-18	1	60
14	2200	1800	1600	500	2500	B30	500	290	100	-20	3	50
15	3200	2800	1800	500	4000	B25	400	320	110	-22	5	70
16	3100	2900	2100	600	3800	B30	500	300	120	-21	10	60

Таблица 3 - Исходные данные для решения 2-ой задачи, методом термосного выдерживания бетона

№ ва риан та	Размер балки, м	Класс бето- на	ПЦ мар ки	Ц, кг/м <sup>3</sup>	Р <sub>1</sub> , кг/м <sup>3</sup>	t <sub>нв</sub> , °С	ско- рость ветра , м/с	t <sub>бн</sub> , °С	τ, сут	% от R <sub>28</sub>
1	0,5*1,2*6	B25	400	300	200	-18	3	70	3	70
2	0,6*1,2*6	B30	500	310	240	-20	15	60	5	80
3	0,8*1,2*6	B25	400	300	210	-22	3	50	7	90
4	0,5*1,5*6	B30	500	290	250	-15	5	50	3	70
5	0,6*1,5*6	B25	400	300	220	-19	10	60	5	80
6	0,8*1,5*6	B30	500	320	200	-24	3	70	7	90
7	0,4*1,2*6	B25	400	300	240	-20	5	60	3	70
8	0,4*1,5*6	B30	500	310	210	-19	1	70	5	80
9	0,5*1,5*12	B25	400	300	230	-17	5	50	3	70
10	0,6*1,5*12	B30	500	290	250	-25	15	50	3	70
11	0,8*1,5*12	B25	400	280	200	-15	3	60	5	80
12	0,4*1,5*12	B30	500	310	210	-24	10	70	7	90
13	0,5*1,8*12	B25	400	280	230	-18	1	60	3	70
14	0,6*1,8*12	B30	500	290	240	-20	3	50	3	70
15	0,8*1,8*12	B25	400	320	250	-18	5	70	5	80
16	0,6*1,2*12	B30	500	300	200	-22	10	60	3	70

Для решение задач по термосному выдерживанию бетона рекомендуется использовать [1].

### Лабораторная работа №3 «Расчет параметров электротермопрогрева железобетонных конструкций стен»

Требуется выполнить расчет параметров электротермопрогрева электродным способом бетона стен цокольного этажа жилого дома по исходным данным представленным в табл. 4. Во всех вариантах применяется инвентарная крупнощитовая опалубка. Каркас щита опалубки изготовлен из металлического профиля, палуба выполнена из ламинированной фанеры толщиной 21 мм. Для электротермопрогрева стен применяются трансформаторы КТПТО-80/86. Работы по устройству и контролю электротермопрогрева стен производятся круглосуточно. Продолжительность остывания бетона в конструкции от начала бетонирования и до подключения электротермопрогрева  $\tau_{\text{факт}} = 4$  ч (укладка заданного объема – 3 ч, подсоединение электродов – 1 ч). Температура бетона к концу остывания  $t_{\text{БК}} = 5$  °С. Для электротермопрогрева участка стены используем одиночные стержневые электроды из арматуры  $\text{Ø}6\text{-A-I}$ , устанавливаемые с шагом 200 мм в стену до начала бетонирования.

Необходимо произвести выбор способа электротермопрогрева бетона, расчёт толщины утеплителя опалубки для бетонирования стен, определить расстояния между электродами и необходимое напряжение по ранее установленной расчётом требуемой мощности.

Таблица 4 - Исходные данные для расчета параметров электротермопрогрева железобетонных конструкций стен

№ варианта	Размер участка стены (толщина, высота, длина), м	Класс бетона	ПЦ марки	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_{\text{нв}}$ , °С	скорость ветра, м/с	$t_{\text{бн}}$ , °С	$\nu_T$ , °С/ч	$t_{\text{ип}}$ , °С
1	0,2*3*25	B25	400	300	200	-18	3	10	5	50
2	0,2*3,3*23	B30	500	310	240	-20	15	10	8	50
3	0,2*2,7*28	B25	400	300	210	-22	3	5	5	50
4	0,2*2,9*26	B30	500	290	250	-15	5	12	8	40
5	0,2*3,5*22	B25	400	300	220	-19	10	10	5	50
6	0,2*2,8*27	B30	500	320	200	-24	3	5	8	60
7	0,2*3,2*24	B25	400	300	240	-20	5	10	5	50
8	0,2*3,1*22	B30	500	310	210	-19	1	10	8	40
9	0,3*3*16	B25	400	300	230	-17	5	12	5	50
10	0,3*3,3*15	B30	500	290	250	-25	15	5	8	60
11	0,3*3,5*14	B25	400	280	200	-15	3	12	5	40
12	0,3*2,7*18	B30	500	310	210	-24	10	5	8	60
13	0,3*2,5*20	B25	400	280	230	-18	1	12	5	50
14	0,3*2,8*18	B30	500	290	240	-20	3	10	8	40
15	0,3*2,9*17	B25	400	320	250	-18	5	12	5	50
16	0,3*3,2*15	B30	500	300	200	-22	10	5	8	50

Примечание:  $\nu_T$  – скорость подъема температуры, °С/ч;  $t_{\text{бн}}$  – температура бетона к моменту электропрогрева, °С  $t_{\text{ип}}$  – температура изотермического прогрева, °С.

Для решения задачи требуется определить продолжительность изотермического прогрева бетона до приобретения прочности 70 %  $R_{28}$  к концу остывания до 5 °С.

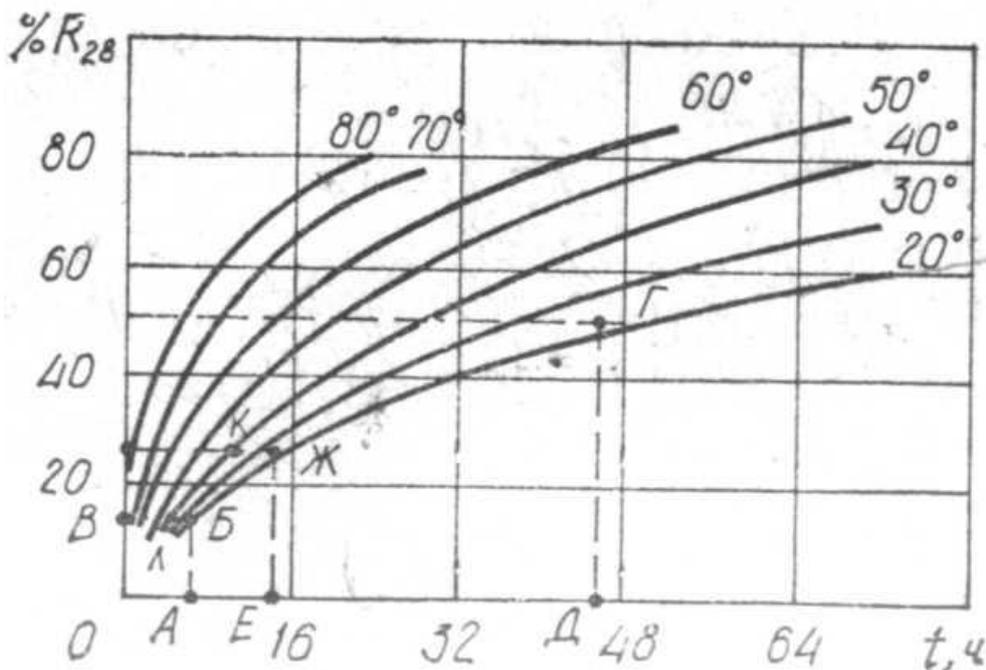


Рисунок 2 – Графики нарастания прочности бетона классов В25-В30 в зависимости от продолжительности (t, ч) и температуры (°С) твердения на портландцементе марок 400, 500

Продолжительность подъема температуры (разогрев бетона)

$$T_{\text{п}} = \frac{(t_{\text{бк}} - t_{\text{бн}})}{V_{\text{п}}} \quad (\text{ч}),$$

где  $t_{\text{бн}}$  – температура бетона к моменту электропрогрева, °С;  $t_{\text{бк}}$  – температура изотермического выдерживания бетона, °С;  $V_{\text{п}}$  – скорость подъема температуры, °С/ час.

Средняя температура подъема:  $t_{\text{ср}} = \frac{(t_{\text{бк}} + t_{\text{бн}})}{2}$ , °С.

Для определения длительности изотермического прогрева, нужно определить величину относительной прочности за период подъема температуры и за период остывания. Величина прочности бетона за время подъема температуры определяется по рис. 2. Например  $T_{\text{п}} = 7$  ч,  $t_{\text{ср}} = 22,5$  °С, тогда из точки А на оси абсцисс соответствующей времени 7 ч, проводим перпендикуляр до пересечения с кривой прочности  $t_{\text{ср}}$  (соответствующей температуре 22,5 °С в точке Б). Проекция точки Б на ось ординат (точка В) укажет величину прочности за время подъема температуры  $T_{\text{п}}$  (7 ч). В данном случае это 14 % от  $R_{28}$ .

Найдем величину относительной прочности при остывании, для чего, используя формулу Б. Г. Скрамтаева [1] и пренебрегая тепловыделением цемента, которое по окончании изотермического прогрева незначительно, подсчитаем сначала продолжительность остывания бетона

$$\tau = \frac{C_{\text{б}} \gamma_{\text{б}} (t_{\text{бн}} - t_{\text{бк}}) + Q_{\text{ц}}}{3,6 K M_{\text{п}} (t_{\text{ср}} - t_{\text{нв}})},$$

где  $C_b$  – удельная теплоемкость бетона, принимается равной 1,05 кДж/(кг °С);

$\gamma_b$  – плотность бетона, кг/м<sup>3</sup> (принимается 2400 кг/м<sup>3</sup>);

$\Xi$  – тепловыделение цемента, кДж/кг, за время твердения бетона (принимается  $\Xi=0$ , т.к. по окончании изотермического прогрева оно незначительно);

$t_{н.в}$  – температура наружного воздуха; принимается средняя за время остывания бетона, град;

$t_{б.к}$  – температура бетона к концу остывания 5 °С;

$\Pi$  – расход цемента в бетоне, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{б.н}$  – температура бетона к моменту электропрогрева, °С;

$K$  – коэффициент теплопередачи опалубки, Вт/(м<sup>2</sup> °С)

$t_{б.ср}$  – средняя температура за время остывания бетона, °С; определяется по формуле

$$t_{б.ср} = t_{б.к} + \frac{t_{б.н} - t_{б.к}}{1,03 + 0,181M_{II} + 0,006(t_{б.н} - t_{б.к})}$$

Затем определяем прочность бетона, приобретенную в процессе остывания. Например,  $t_{нп}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{ост}=33$  ч,  $t_{б.ср.}=23^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{28}=50\%$ , тогда из точки Г на пересечении прямой, соответствующей 50 %  $R_{28}$ , с кривой прочности при 23° (см. рис. 2) опускаем перпендикуляр на ось абсцисс (точка Д). От точки Д откладываем влево отрезок, соответствующий продолжительности остывания— 33 ч (точка Е). Из точки Е восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой прочности при 23 °С (точка Ж). Проекция ЕЖ на ось ординат соответствует значению прочности бетона, приобретенной в процессе остывания. Она составляет 27 %  $R_{28}$ .

В рассмотренном примере за период подъема температуры и за период остывания бетон в опалубке стены наберет прочность 14+27=41% от  $R_{28}$ , следовательно за период изотермического прогрева бетон должен набрать прочность 50-41=9 % от  $R_{28}$ . Продолжительность изотермического прогрева определяется проекцией на ось абсцисс отрезка КЛ, соответствующего 9 %  $R_{28}$  и лежащего на кривой прочности при 40 °С. Величина этой проекции в данном случае равна 5 ч ( $\tau_n=5$  ч). Точка К находится на пересечении с кривой прочности при 40 °С проектирующей линией на ось ординат из точки Ж, а точка Л – на пересечении с кривой при 40 °С проектирующей на ось ординат линией из точки Б.

Для решение задачи, по расчету параметров электротермопрогрева железобетонных конструкций стен, рекомендуется использовать [1].

#### ***Лабораторная работа №4 «Расчет параметров электротермопрогрева железобетонных конструкций плит перекрытия нагревательными проводами»***

Электротермопрогрев бетона густоармированной монолитной конструкции безбалочной плиты перекрытия осуществляется проводами ПНСВ 1.2. Для электротермопрогрева применяются трансформаторы КТПТО-80/86. Работы по

устройству и контролю электротермопрогрева плит перекрытия производится круглосуточно. Нагревательный провод укладывается в два яруса по высоте, по нижним и верхним арматурным сеткам – с шагом 200 мм. Во всех вариантах плита безбалочная. После укладки бетона плита закрывается пленкой полиэтиленовой, поверх которой укладываются плиты теплоизоляционные на базальтовой основе ПТ-100 (толщина 100 мм).

Требуется выполнить расчет параметров электротермопрогрева бетона и расчет потребности в основных материалах, необходимых при электротермопрогреве плиты перекрытия по исходным данным представленным в табл. 5.

Таблица 5 - Исходные данные для расчета параметров электротермопрогрева железобетонных конструкций плит перекрытия нагревательными проводами

№ варианта	Размер участка перекрытия (толщина, ширина, длина), м	Класс бетона	ПЦ марки	Ц, кг/м <sup>3</sup>	Р <sub>1</sub> , кг/м <sup>3</sup>	t <sub>нв</sub> , °С	скорость ветра, м/с	t <sub>бн</sub> , °С	υ <sub>т</sub> , °С/ч	t <sub>ип</sub> , °С
1	0,16*12*15	B25	400	300	200	-20	3	10	5	50
2	0,16*6*30	B30	500	310	240	-24	5	5	8	50
3	0,16*14*30	B25	400	300	210	-5	1	12	5	40
4	0,16*20*25	B30	500	290	250	-10	5	10	8	40
5	0,16*15*15	B25	400	300	220	-15	10	10	5	50
6	0,16*9*15	B30	500	320	200	-24	3	5	8	50
7	0,16*10*18	B25	400	300	240	-20	5	10	5	50
8	0,16*18*18	B30	500	310	210	-19	3	8	8	40
9	0,2*12*20	B25	400	300	230	-15	5	10	5	40
10	0,2*9*15	B30	500	290	250	-25	10	5	8	50
11	0,2*15*15	B25	400	280	200	-15	3	12	5	40
12	0,2*18*9	B30	500	310	210	-24	5	5	8	50
13	0,2*16*10	B25	400	280	230	-18	1	10	5	50
14	0,2*14*25	B30	500	290	240	-10	3	12	8	40
15	0,2*19*15	B25	400	320	250	-18	5	8	5	50
16	0,2*9*16	B30	500	300	200	-22	3	5	8	50

Для решение задачи, по расчету параметров электротермопрогрева железобетонной плиты перекрытия, рекомендуется использовать [1].

### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пучнина, Т.С. Методы производства бетонных работ при отрицательных температурах : учеб. пособие / Т.С. Пучнина, Ю.К. Ушмаров, В.Ю. Гробов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2017. – 98 с. : ил.
2. МДС 12-48.2009 Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов : МДС от 01.01.2009 N 12-48.2009 / ЗАО "ЦНИИОМТП". - М.: ОАО "ЦПП", 2009 год
3. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ : Свод правил от 26.11.2018 N 435.1325800.2018 Применяется с 27.05.2019 / АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им. А.А. Гвоздева. - М.: Стандартинформ, 2019 год