

Исходные данные для расчета параметров электропрогрева бетона

Наименование параметра	Обозначение	Значение	Единица измерения
1	2	3	4
Температура наружного воздуха	tн.в	0; -10; -20; -30	°С
Скорость ветра		5	м/с
Удельная теплоемкость бетона, принимается равной	сб	1,05	кДж/(кг·°С)
Плотность бетона	ρб	24,00	кг/м3
Начальная температура бетона перед началом прогрева	tб.н	5	С°
Коэффициент теплопередачи опалубки или укрытия неопалубленных поверхностей	K	2,2	Вт/(м2·°С)
Температура изотермического прогрева	tu	60	С°
Продолжительность подъема температуры от tб.н до tu	tn	11	ч
Удельная теплоемкость слоев опалубки	di	2,3	кДж/(кг·°С)
Плотность слоев опалубки	ρi	665	кг/м3
Толщина слоев опалубки	di	0,021	м

Методика расчета электропрогрева бетона

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. Расчет параметров электропрогрева монолитной колонны.

Расчет параметров электропрогрева приведен на примере участка стены 7050 х 7000 х 300 мм.

Бетонирование стен производится в опалубке из фанеры толщиной 21 мм с применением нагревательного провода ПНСВ 1х2 и трансформаторной подстанции КТПТО-80-86.

Условия бетонирования следующие:

- температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, +5°С;
- средняя температура наружного воздуха в течение суток принятая для расчетов: -0°С; -10°С; -20°С; -30°С;
- скорость ветра 5 м/с;
- температура изотермического выдерживания бетона +60°С.

Модуль поверхности охлаждения стены Мп равен:

Мп = 2/п, где п – толщина стенки (МДС 12-4.8.2009).

Мп = 2/0,3=6,67 м-1.

Коэффициент теплопередачи К опалубки из ламинированной фанеры определим по формуле:

K = 1/(1/αλ + εδi/λi + 1/αк),где:

αλ = 2,8 Вт/(м2·°С) – коэффициент передачи теплоты от опалубки излучением;

δi = 0,021 м – толщина ламинированной фанеры;

λi = 0,4 Вт/(м2·°С) – коэффициент теплопроводности ламинированной фанеры;

αк = 20,0 Вт/(м2·°С) – коэффициент передачи теплоты конвекцией при скорости ветра 5 м/с.

K = 1/(1/2,8 + 0,021/0,4 + 1/20) = 2,2 Вт/(м2·°С)

Разница температур нагретого бетона и наружного воздуха ΔТ составит для температуры 0°С: ΔТ = 60 – (0) = 60°С.

Необходимую удельную мощность нагрева провода Руд определяем по номограмме 1.

Между прямыми 2 и 4 коэффициента теплопередачи К, Вт/(м2·°С), визуальнo проводится прямая, равная 2,2 Вт/(м2·°С). Далее находится точка пересечения прямой ΔТ = 60°С с ординатой Мп = 6,67 м-1 модуля поверхности стены. Из этой точки проводится горизонталь до пересечения с упомянутой прямой, равной К = 2,2 Вт/(м2·°С). Опускаем перпендикуляр из этой точки на прямую расхода цемента Ц = 400 кг/м3. Проекция полученной точки на ординату удельной мощности нагрева провода указывает Руд = 220 Вт/м2.

Шаг нагревательных проводов (b) определяем по формуле:

b = 1/(Руд/р + 1),где: р = 34 Вт/м – удельная нагрузка на провод из рекомендуемого интервала р = 30-35 Вт/м для армированных конструкций.

b = 1/(220/34 + 1) = 0,13 м.

Принимаем шаг равный 130 мм.

Длина провода L, необходимого для набивки на арматурный каркас одного квадратного метра стены с шагом 13 см рассчитывается следующим образом:

L = 2*А*В/b = 2*1*7,05/0,13 = 108,5 м

Далее по номограмме 2 определяется длина нагревателя при рабочем напряжении 55В.

Из точки на абсциссе удельной нагрузки р = 34 Вт/м проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой d = 2,0 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 38 м при рабочем напряжении U = 55В. Таким образом, на поверхностях обогрева участка стены укладываются нагреватели по 38 м каждый.

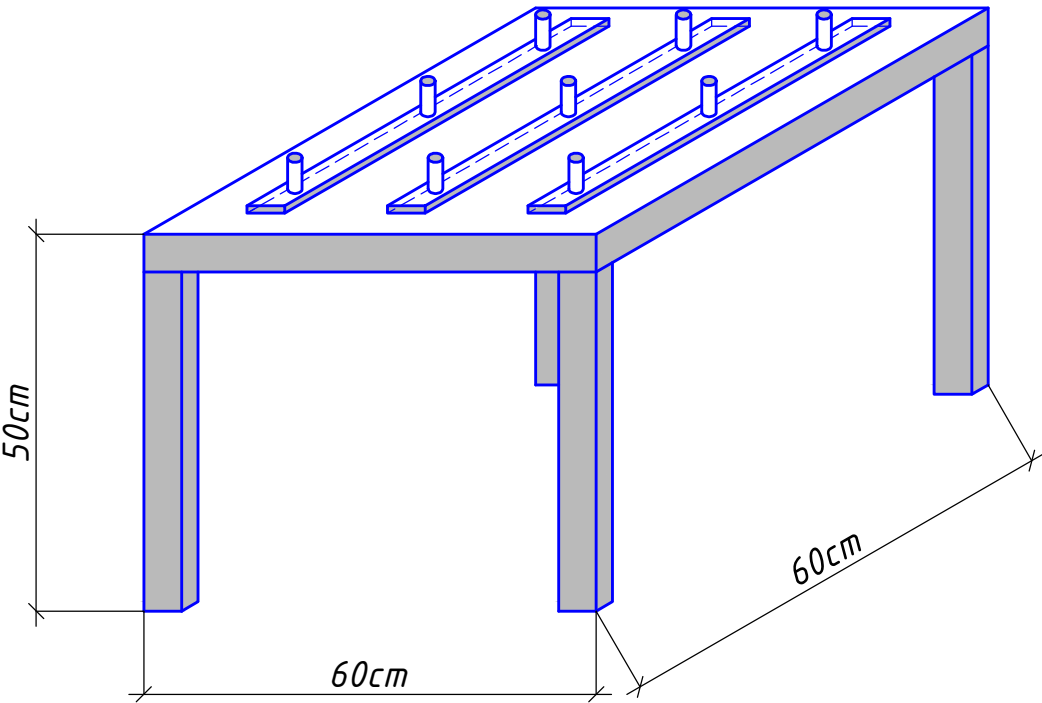
Удельный расход провода (на 1 м3 бетона) составит 108,5/2,115 = 50,28 м.

Удельный расход провода (на 1 и.п. стеной составит 108,5 м.

Расчетные параметры для электропрогрева стены

Тип конструкции	Размеры захватки (элемента)			Объем бетона захватки	Модуль поверхности	Удельная мощность	Требуемая мощность при разогреве, кВт	Тип провода	Удельная нагрузка на провод (30-35)	Шаг расстановки стержней, обвивки провода	Длина провода	Длина нагревателя	Число нагревателей	Напряжение
	A,м	B,м	H2,м											
Температура наружного воздуха - 0°С														
Стена	7	7,05	0,3	14,8	6,67	220,00	21,71	ПНСВ 1x2	34	0,13	737,3	38	19	55
Температура наружного воздуха - 10°С														
Стена	7	7,05	0,3	14,8	6,67	345,00	34,05	ПНСВ 1x2	34	0,09	1100,2	38	29	55
Температура наружного воздуха - 20°С														
Стена	7	7,05	0,3	14,8	6,67	470,00	46,39	ПНСВ 1x2	34	0,07	1463,1	38	39	55
Температура наружного воздуха - 30°С														
Стена	7	7,05	0,3	14,8	6,67	600,00	59,22	ПНСВ 1x2	34	0,05	1840,5	38	49	55

Инвентарная секция шинопроводов (крайняя секция)

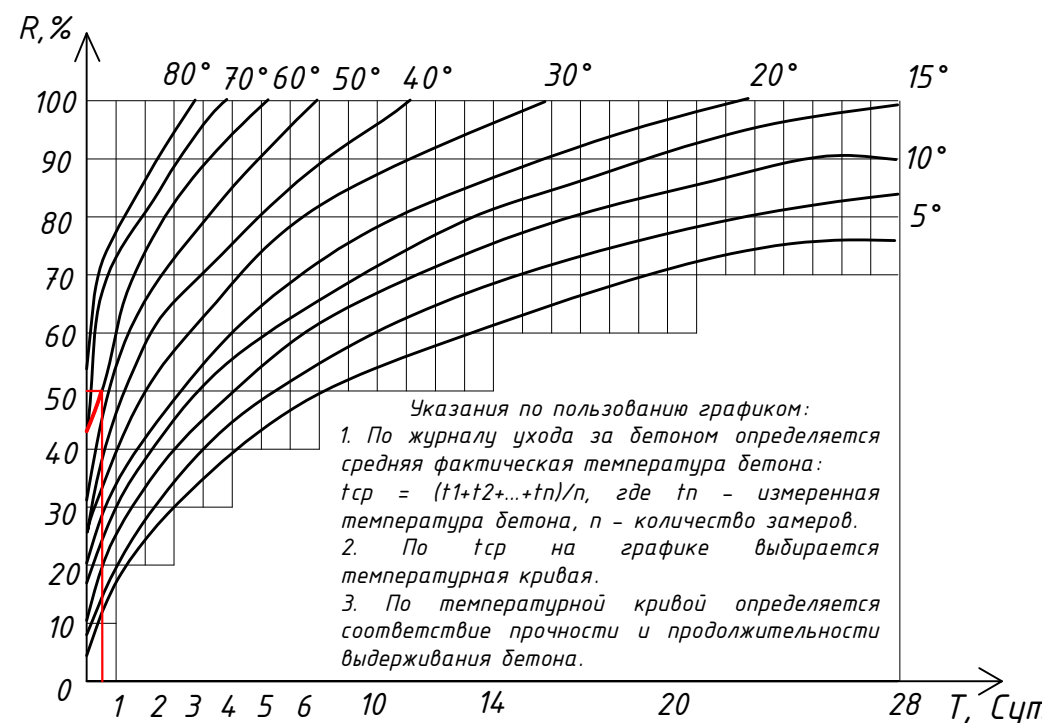


Метод определения времени прогрева бетона:

На основании графика набора прочности бетона, согласно указаниям по пользованию графиком, определяется требуемая продолжительность прогрева бетона.

Для набора прочности 50% при температуре 60°, согласно графику, требуется прогрев бетона в течение 12 часов. Время электропрогрева бетона принять равным 12 часов.

График набора прочности бетона на портландцементе марок 400-500 (по данным НИИМостстроя)



Метод температурного контроля прогрева бетона:

При предварительном электроразогреве смеси контролируют температуру смеси в каждой разогреваемой порции.

Температуру бетона измеряют дистанционными методами с использованием температурных скважин, термометров сопротивления либо применяют технические термометры.

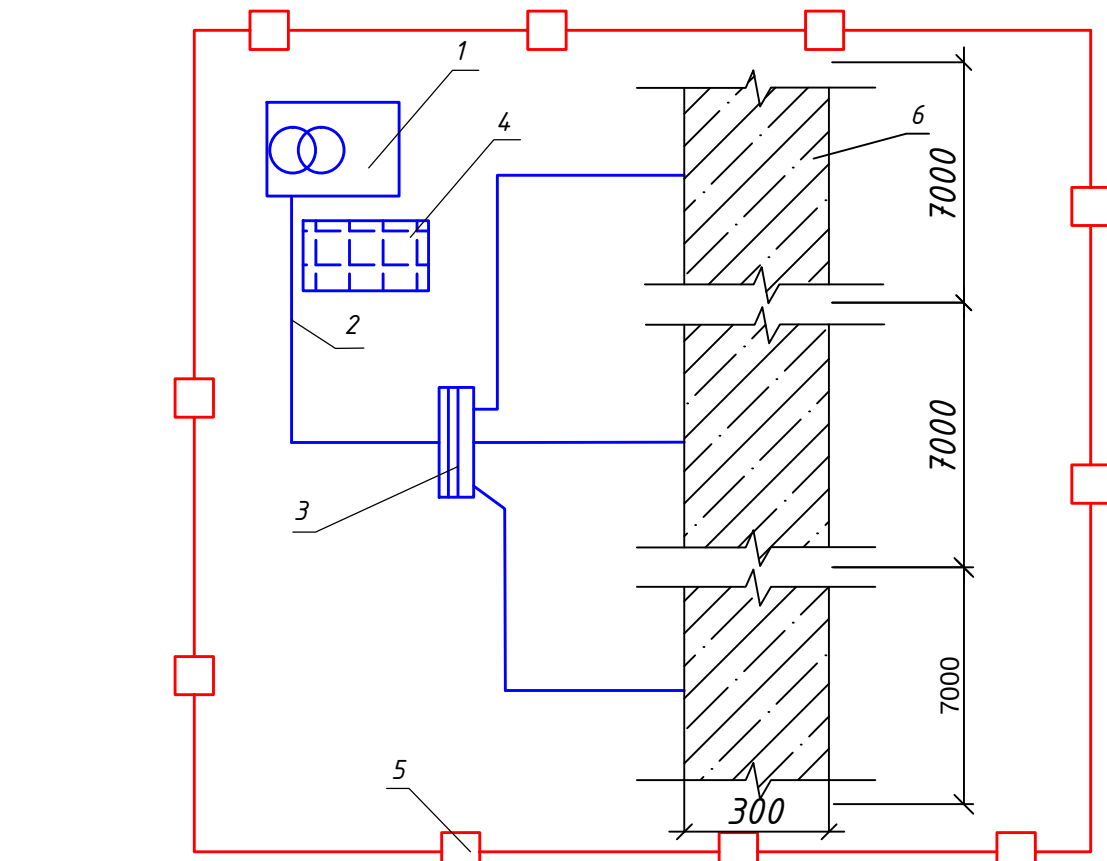
В процессе выдерживания бетона температуру измеряют в следующие сроки:

- при использовании способов “термоса”, предварительного электроразогрева бетонной смеси, обогрева в тепляках – каждые 2 ч в первые сутки, не реже двух раз в смену в последующие трое суток и один раз в сутки в остальное время выдерживания;
- в случае применения бетона с противоморозными добавками – три раза в сутки до приобретения им заданной прочности;
- при электропрогреве бетона в период подъема температуры со скоростью до 10 °С/ч – через каждые 2 ч, в дальнейшем – не реже двух раз в смену.

По окончании выдерживания бетона и распалубливания конструкции замеряют температуру воздуха не реже одного раза в смену.

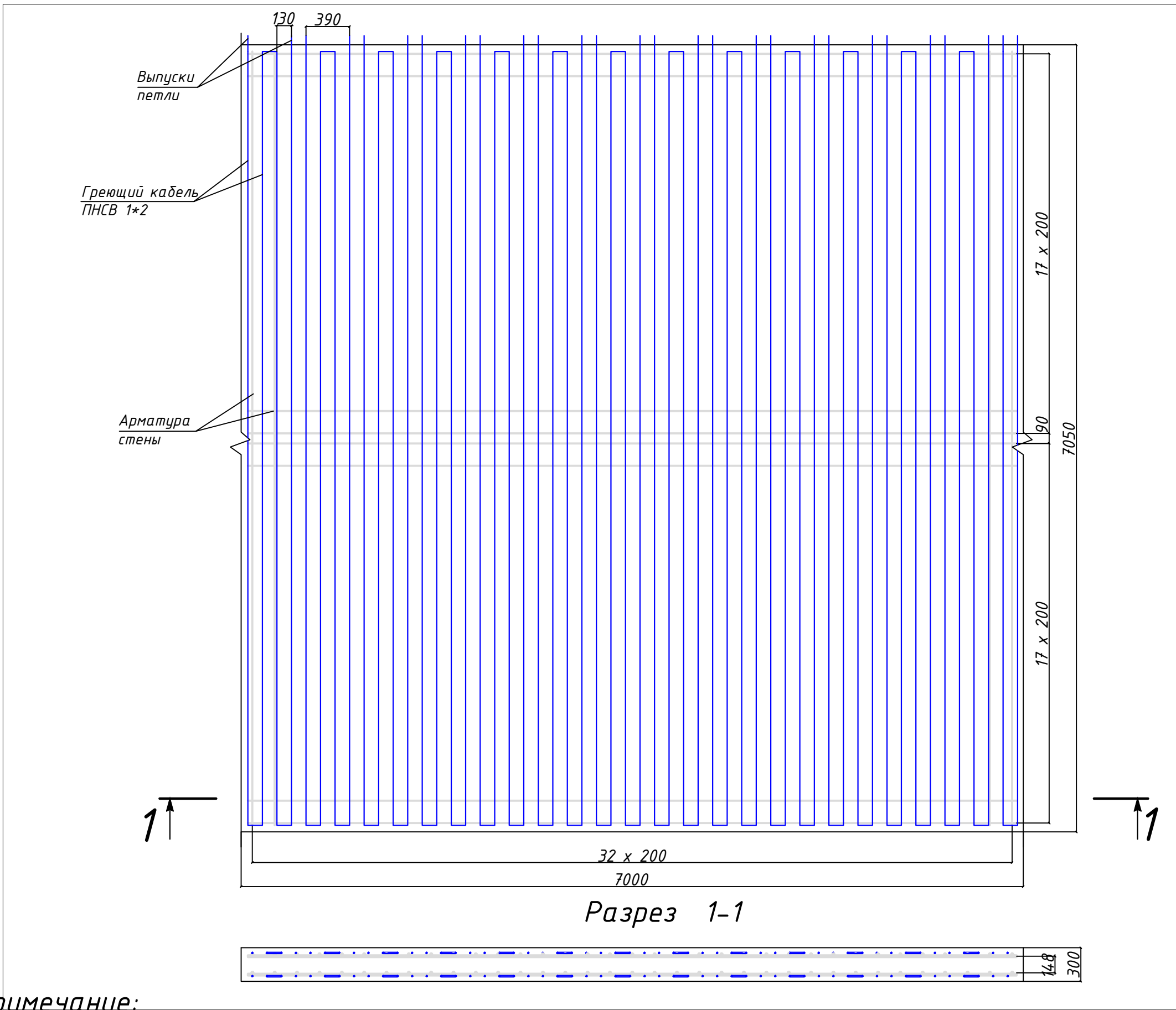
Температуру бетона контролируют на участках, подверженных наибольшему охлаждению (в углах, выступающих элементах) или нагреву (на контактах с термоактивной опалубкой на глубине 5 см, а также в ряде массивных блоков бетонирования). Результаты замеров записывают в ведомость контроля температур.

Схема организации рабочей зоны



1 – комплектная трансформаторная подстанция КТП ТО-80/86; 2 – кабель КРПТ 3 х 50; 3 – секции шинопровода 4 – диэлектрический коврик; 5 – инвентарные ограждения; 6 – прогреваемые участки (стены)

Схема укладки греющего провода на примере участка стены 7050 х 7000 х 300 мм для температуры для температуры 0°С



Примечание:

1. Данная технологическая карта разработана на электропрогрев бетона при устройстве стен.
2. Схема укладки электропрогревающего кабеля показана на примере участка стены 7050 х 7000 х 300 мм.
3. Шаг раскладки электропрогревающего кабеля принять исходя из данных расчетной таблицы.
4. Непосредственно перед планируемым приемом бетона произвести расчет условий электропрогрева. Для этого замерить температуру окружающего воздуха и на основании измерений выбрать в таблице “Расчетные параметры для электропрогрева стен” соответствующую строку. На основании данных соответствующей строки производить укладку греющего провода.
5. Электробезопасность на строительной площадке, участках производства работ и рабочих местах необходимо обеспечивать в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001.
6. Все работы в зоне электропрогрева должны выполняться в диэлектрических перчатках и инструментом с изолированными ручками. Обслуживающий персонал, контролирующий температуру бетона, должен работать в диэлектрических галошах. Все измерительные работы следует выполнять одной рукой, держа другую руку у туловища.
7. Участок электропрогрева должен быть надежно огражден переносным ограждением высотой не менее 1 м. В темное время суток весь прогреваемый участок освещается. Вдоль ограждений устанавливаются сигнальные лампы, которые загорятся одновременно с включением установки электропрогрева.
8. На ограждениях вывешиваются предупредительные плакаты “Стоп – опасно для жизни!”. Допуск на огражденный участок лиц, не связанных с электропрогревом, категорически запрещается.

Условные обозначения:

	– Электропрогревающий кабель
	– Арматурный каркас
	– Контур стены

Изм	Кол	Лист	№ док	Подпись	Дата

Расчетные параметры электропрогрева стен для температуры 0°С

№ п/п	Тип конструкции	Размеры захватки (элемента)	Объем бетона захватки	Модуль поверхнос ти	Удельная мощность	Требуемая мощность при разогреве, кВт	Тип провода	Удельная нагрузка на провод (30–35)	Шаг расстановки стержней, обвязки провода	Длина провода	Длина нагревате ля	Число нагревате лей	Напряжение
		Н,м	v1	Мп	Вт/м2	кВт		Вт/м	б,м	м	l,м	п	В
	Температура наружного воздуха – 0°С												
	Уровень В1												
1	Стена	0,3	0,3	6,67	160,80	0,32	ПНСВ 1*2	34	0,17	11,5	38	0,3	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	175,04	0,35	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,3	38	0,32	55
3	Стена	0,5	0,5	4,00	177,89	0,36	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,5	38	0,33	55
4	Стена	0,6	0,6	3,33	182,16	0,36	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,7	38	0,33	55
5	Стена	0,65	0,7	3,08	183,80	0,37	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,8	38	0,34	55
6	Стена	0,7	0,7	2,86	185,21	0,37	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,9	38	0,34	55
7	Стена	0,75	0,8	2,67	186,43	0,37	ПНСВ 1*2	34	0,15	13,0	38	0,34	55
Уровень L1													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	160,80	0,32	ПНСВ 1*2	34	0,17	11,5	38	0,3	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	171,48	0,34	ПНСВ 1*2	34	0,17	12,1	38	0,32	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	175,04	0,35	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,3	38	0,32	55
Уровень L2													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	160,80	0,32	ПНСВ 1*2	34	0,17	11,5	38	0,3	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	175,04	0,35	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,3	38	0,32	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	175,04	0,35	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,3	38	0,32	55
Уровень L3													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	160,80	0,32	ПНСВ 1*2	34	0,17	11,5	38	0,3	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	171,48	0,34	ПНСВ 1*2	34	0,17	12,1	38	0,32	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	175,04	0,35	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,3	38	0,32	55
Уровень технической антресоли													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	160,80	0,32	ПНСВ 1*2	34	0,17	11,5	38	0,3	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	171,48	0,34	ПНСВ 1*2	34	0,17	12,1	38	0,32	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	175,04	0,35	ПНСВ 1*2	34	0,16	12,3	38	0,32	55

Расчетные параметры электропрогрева стен для температуры –10°С

№ п/п	Тип конструкции	Размеры захватки (элемента)	Объем бетона захватки	Модуль поверхнос ти	Удельная мощность	Требуемая мощность при разогреве, кВт	Тип провода	Удельная нагрузка на провод (30–35)	Шаг расстановки стержней, обвязки провода	Длина провода	Длина нагревате ля	Число нагревате лей	Напряжение
		Н,м	v1	Мп	Вт/м2	кВт		Вт/м	б,м	м	l,м	п	В
	Температура наружного воздуха –10°С												
	Уровень В1												
1	Стена	0,3	0,3	6,67	279,96	0,56	ПНСВ 1*2	34	0,11	18,5	38	0,49	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	293,80	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,3	38	0,51	55
3	Стена	0,5	0,5	4,00	296,57	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,4	38	0,51	55
4	Стена	0,6	0,6	3,33	300,72	0,60	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,7	38	0,52	55
5	Стена	0,65	0,7	3,08	302,32	0,60	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,8	38	0,52	55
6	Стена	0,7	0,7	2,86	303,69	0,61	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,9	38	0,52	55
7	Стена	0,75	0,8	2,67	304,87	0,61	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,9	38	0,52	55
Уровень L1													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	279,96	0,56	ПНСВ 1*2	34	0,11	18,5	38	0,49	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	290,34	0,58	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,1	38	0,5	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	293,80	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,3	38	0,51	55
Уровень L2													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	279,96	0,56	ПНСВ 1*2	34	0,11	18,5	38	0,49	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	293,80	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,3	38	0,51	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	293,80	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,3	38	0,51	55
Уровень L3													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	279,96	0,56	ПНСВ 1*2	34	0,11	18,5	38	0,49	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	290,34	0,58	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,1	38	0,5	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	293,80	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,3	38	0,51	55
Уровень технической антресоли													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	279,96	0,56	ПНСВ 1*2	34	0,11	18,5	38	0,49	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	290,34	0,58	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,1	38	0,5	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	293,80	0,59	ПНСВ 1*2	34	0,10	19,3	38	0,51	55

Расчетные параметры электропрогрева стен для температуры –20°С

№ п/п	Тип конструкции	Размеры захватки (элемента)	Объем бетона захватки	Модуль поверхнос ти	Удельная мощность	Требуемая мощность при разогреве, кВт	Тип провода	Удельная нагрузка на провод (30–35)	Шаг расстановки стержней, обвязки провода	Длина провода	Длина нагревате ля	Число нагревате лей	Напряжение
		Н,м	v1	Мп	Вт/м2	кВт		Вт/м	б,м	м	l,м	п	В
	Температура наружного воздуха –20°С												
	Уровень В1												
1	Стена	0,3	0,3	6,67	407,44	0,81	ПНСВ 1*2	34	0,08	26,0	38	0,68	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	421,68	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,07	26,8	38	0,71	55
3	Стена	0,5	0,5	4,00	424,53	0,85	ПНСВ 1*2	34	0,07	27,0	38	0,71	55
4	Стена	0,6	0,6	3,33	428,80	0,86	ПНСВ 1*2	34	0,07	27,2	38	0,72	55
5	Стена	0,65	0,7	3,08	430,44	0,86	ПНСВ 1*2	34	0,07	27,3	38	0,72	55
6	Стена	0,7	0,7	2,86	431,85	0,86	ПНСВ 1*2	34	0,07	27,4	38	0,72	55
7	Стена	0,75	0,8	2,67	433,07	0,87	ПНСВ 1*2	34	0,07	27,5	38	0,72	55
Уровень L1													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	407,44	0,81	ПНСВ 1*2	34	0,08	15,6	38	0,41	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	418,12	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,08	21,3	38	0,56	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	421,68	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,07	24,1	38	0,63	55
Уровень L2													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	407,44	0,81	ПНСВ 1*2	34	0,08	15,6	38	0,41	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	421,68	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,07	24,1	38	0,63	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	421,68	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,07	24,1	38	0,63	55
Уровень L3													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	407,44	0,81	ПНСВ 1*2	34	0,08	15,6	38	0,41	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	418,12	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,08	21,3	38	0,56	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	450,16	0,90	ПНСВ 1*2	34	0,07	25,6	38	0,67	55
Уровень технической антресоли													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	407,44	0,81	ПНСВ 1*2	34	0,08	15,6	38	0,41	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	418,12	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,08	21,3	38	0,56	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	421,68	0,84	ПНСВ 1*2	34	0,07	24,1	38	0,63	55

Расчетные параметры электропрогрева стен для температуры –30°С

№ п/п	Тип конструкции	Размеры захват ки (элемен та)	Объем бетона захватки	Модуль поверхнос ти	Удельная мощность	Требуемая мощность при разогреве, кВт	Тип провода	Удельная нагрузка на провод (30–35)	Шаг расстановки стержней, обвязки провода	Длина провода	Длина нагревате ля	Число нагревате лей	Напряжение
		Н,м	v1	Мп	Вт/м2	кВт		Вт/м	б,м	м	l,м	п	В
	Температура наружного воздуха –30°С												
	Уровень В1												
1	Стена	0,3	0,3	6,67	529,79	1,06	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,2	38	0,87	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	544,03	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,0	38	0,89	55
3	Стена	0,5	0,5	4,00	546,88	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,2	38	0,9	55
4	Стена	0,6	0,6	3,33	551,15	1,10	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,4	38	0,91	55
5	Стена	0,65	0,7	3,08	552,79	1,11	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,5	38	0,91	55
6	Стена	0,7	0,7	2,86	554,20	1,11	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,6	38	0,91	55
7	Стена	0,75	0,8	2,67	555,42	1,11	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,7	38	0,91	55
Уровень L1													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	529,79	1,06	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,2	38	0,87	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	540,47	1,08	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,8	38	0,89	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	544,03	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,0	38	0,89	55
Уровень L2													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	529,79	1,06	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,2	38	0,87	55
2	Стена	0,45	0,5	4,44	544,03	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,0	38	0,89	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	544,03	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,0	38	0,89	55
Уровень L3													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	529,79	1,06	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,2	38	0,87	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	540,47	1,08	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,8	38	0,89	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	544,03	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,0	38	0,89	55
Уровень технической антресоли													
1	Стена	0,3	0,3	6,67	529,79	1,06	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,2	38	0,87	55
2	Стена	0,4	0,4	5,00	540,47	1,08	ПНСВ 1×2	34	0,06	33,8	38	0,89	55
3	Стена	0,45	0,5	4,44	544,03	1,09	ПНСВ 1×2	34	0,06	34,0	38	0,89	55

