



Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

**Всесоюзный головной проектно-технологический институт
«Союзоргтехводстрой»
Волгоградский филиал**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
НА ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВ БЕТОННОЙ СМЕСИ В БАДЬЯХ**

Москва 1980

Технологическая карта (ТК) на электроразогрев бетонной смеси в бадьях разработана ВГПТИ «Союзоргтехводстрой».

ТК рассмотрена и одобрена для внедрения в Нечерноземной зоне РСФСР институтами «Ленгипроводхоз» и СевНИИГиМ.

Рекомендована к изданию Главнечерноземводстроем Минводхоза СССР (письмо № 65-201/23-559 от 24.10.79 г.)

Содержание

[1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ](#)

[2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА](#)

[3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ](#)

[4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ](#)

[Приложение 1 ПУНКТ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА](#)

[БАДЬЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА БЕТОННОЙ СМЕСИ](#)

[Приложение 2 БАДЬЯ \$V = 0,8 \text{ м}^3\$ С ВМОНТИРОВАННЫМИ НОЖЕВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ](#)

[Приложение 3 РАСЧЕТ длительности остывания бетона в отдельно стоящих фундаментах по формуле профессора Б.Г. Скрамтаева](#)

[Приложение 4 ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПУНКТА ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА](#)

[Приложение 5 РАСЧЕТЫ параметров электроразогрева бетонной смеси в бадьях](#)

[Приложение 6 Технологическая схема укладки разогретого бетона в подлокотники насосной станции](#)

[Приложение 7 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА](#)

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Технологическая карта разработана на электроразогрев бетонной смеси в бадьях в зимний период на объектах водохозяйственного строительства при укладке бетонной смеси в несущие конструкции с модулем поверхности $M_p = 3,12$.

Предварительный электроразогрев бетонной смеси в бадьях применяется для ускорения твердения бетона при отрицательной температуре воздуха (до -30°C).

Быстрый (форсированный) метод электроразогрева бетонной смеси в бадьях до $t = 70^{\circ}\text{C}$, с последующим выдерживанием бетона методом термоса, позволяет ускорить реакции гидратации и экзотермии цемента, а также исключить остаточное тепловое расширение бетона.

Указанный способ разогрева и укладки бетонной смеси в конструкции позволяет значительно сократить период набора бетоном критической прочности, что является весьма важным фактором при бетонировании несущих конструкций в зимнее время.

Для получения критической прочности бетона до замораживания необходимо выполнить соответствующее утепление конструкции в зависимости от модуля ее поверхности и температуры наружного воздуха, которое назначается по расчету. Ориентировочно для температуры воздуха до -40°C оно должно быть следующим:

- при возведении конструкций с модулем поверхности менее 3 ($M_p < 3$) подогретую бетонную смесь достаточно укрыть теплоизолирующим материалом;
- при возведении конструкций с модулем поверхности от 3 до 8 роль утеплителя выполняет деревянная опалубка толщиной 30-40 мм с укрытием неопалубленной части бетона слоем термоизоляции;
- при возведении конструкций с модулем поверхности 8-12 опалубку и открытые бетонные поверхности необходимо утеплить дополнительно, а в случае надобности - и обогревать бетон.

При форсированном электроразогреве бетонной смеси в бадьях расход электроэнергии уменьшается в три раза по сравнению с электропрогревом бетона в конструкции.

Так при электродном прогреве 1 м³ бетона в конструкциях расходуется 80,120 кВт/ч электроэнергии, а при электроразогреве 1 м³ бетонной смеси в бадьях электроэнергии расходуется всего лишь 36 кВт/ч. Применение кратковременного электроразогрева бетонной смеси перед укладкой в конструкции дает возможность отказаться от понижающих трансформаторов, частично отказаться от подогрева заполнителей на заводе в зимнее время.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

До начала работ по электроразогреву бетонной смеси в бадьях необходимо выполнить следующее:

- получить письменное разрешение от управления энергосети на подключение электроустановки 150 кВт для разогрева бетонной смеси;
- оборудовать пункт электроразогрева согласно схеме (см. [приложение 1](#));
- провести инструктаж по технике безопасности с лицами, эксплуатирующими пункт электроразогрева, с записью в журнале под роспись получившего и проводившего инструктаж;
- провести пробное подключение пункта электроразогрева, соблюдая все требования техники безопасности по эксплуатации электроустановок;
- подготовить конструкцию к приему разогретого бетона (раскрепить опалубку, установить арматуру и закладные детали, очистить конструкцию от снега, наледи и т.д.);
- доставить на строительную площадку оборудование и механизмы;
- завезти в достаточном количестве утеплитель (шлаковата или минераловатная плита) и пергамин;
- установить и опробовать вибраторы.

Сущность метода заключается в том, что бетонная смесь перед укладкой в конструкцию подвергается кратковременному электроразогреву в бадьях емкостью 0,8 м³, внутри которых установлены три пластины-электрода (см. [приложение 2](#)). Бетонную смесь разогревают непосредственно перед укладкой в опалубку до температуры +70°С в течение 7-15 мин. Затем конструкцию выдерживают методом

горячего термоса. Метод горячего термоса заключается в том, что уложенный в конструкцию с $M_{п} = 5$ бетон немедленно уплотняется и выдерживается под укрытием 68 часов. Для конструкций с модулем поверхности $M_{п} > 5$ время выдерживания бетона под укрытием увеличится (см. расчетную часть [приложения 3](#)). Температура выдерживания укрытого бетона не должна опускаться ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

Электроразогрев осуществляют на автоматизированном пункте, который специально устраивается на строительной площадке вблизи от места укладки бетона. Прочность бетона в конструкции после электроразогрева бетонной смеси к моменту возможного замерзания должна быть не ниже критической.

Замораживание бетона в раннем возрасте отрицательно влияет на его свойства вследствие необратимого разрушающего воздействия на структуру. При этом нарушается связь между компонентами бетона, что приводит к снижению его плотности, морозостойкости, водонепроницаемости и прочности при последующем твердении. Поэтому действующие СНиП III-B.1-70 «Правила производства бетонных и железобетонных работ» не разрешают замораживание бетона в конструкциях до достижения им критической прочности, величина которой зависит от марки бетона и приведена в таблице 1:

Таблица 1

Проектная марка бетона	Критическая прочность бетона к моменту его замерзания	
	в % R 28	в кг/см ²
100-150	50	50-75
200-300	40	80-120
400-500	30	120-150

Электроразогрев бетонной смеси осуществляют от сети переменного тока (напряжение 380 В) на специально оборудованном пункте. Принципиальная электрическая схема пункта электроразогрева представлена в [приложении 4](#).

Пункт электроразогрева имеет:

- две бадьи емкостью $V = 0,8 \text{ м}^3$ каждая с электродами для электроразогрева бетонной смеси, оборудованные токоподводящими устройствами;

- деревянное или сетчатое инвентарное ограждение высотой 1,5 м с воротами или шлагбаумом для въезда автосамосвала;
- двойной деревянный настил в месте установки бадей и приема бетонной смеси;
- световое табло и конечные выключатели, устанавливаемые на всех входах;
- пульт управления процессом электроразогрева бетонной смеси;
- защитный контур заземления, устраиваемый по периметру площадки.

С одной стороны питающего кабеля марки КРПТ на все жилы напаивают кабельные наконечники для подключения к щиту управления, с другой - на нулевую жилу напаивают кабельный наконечник для подсоединения к болту заземления бункера, а на токоведущие жилы - штекерные гнезда или губки штепсельного разъема для соединения со штекерами и ножами штепсельного разъема, устанавливаемого на бадье.

Пульт управления состоит из:

- автоматического выключателя А-3140;
- контактора силового КТВ-35;
- реле промежуточного ЭП-21;
- кнопки управления КУ 121/2;
- сигнальной арматуры АС-220;
- трансформатора тока ТК-20;
- вольтметра Э-30;
- амперметра Э-30;
- клемной стойки КИ-3;
- пакетного выключателя ПК-2-10;
- электронного регулятора (ЭРА).

Материально-технические ресурсы на монтаж цепи управления, силовой проводки внутри щита и подачи питания представлены в 4 разделе.

Бадья для электроразогрева бетонной смеси представляет собой бункер («туфельку»), корпус которого выполнен из стали толщиной 5 мм. Размеры бадьи: длина - 3120 мм, ширина - 1250 мм, высота 850 мм, емкость - 0,8 м³ (см. [приложение 2](#)). В бадье предусмотрен секторный затвор, состоящий из кронштейна, клапана и ребер жесткости.

Для установки вибратора к верхней стенке бадьи приваривают швеллер. В приемной части бадьи расположены три пластины-электрода, которые крепятся к торцовой стенке бадьи с помощью деревянного бруса, закрепленного на кронштейнах, приваренных к боковым стенкам бадьи. Изоляцию электродов выполняют из резиновых трубок или текстолитовых плит.

Для равномерного разогрева бетонной смеси средний (ножевой) электрод изготавливают длиннее крайних, но так как площадь электродов должна быть равновеликой, в среднем электроде делают вырезы.

Для защиты от возможного повреждения штекерного торцового подключения при погрузке бетонной смеси на торце бункера устанавливают защитную скобу и упорную рамку.

Электроразогрев бетонной смеси в бадьях осуществляют в следующем порядке:

- две очищенных от бетонной смеси бадьи устанавливают в горизонтальном положении на площадке для разогрева;
- осуществляют загрузку бадей бетонной смесью с разравниванием ее между электродами и в промежутках между ними и стенками бадьи;
- к корпусу бадьи подсоединяют провод от защитного заземления, нулевой провод от питающей сети и затем подключают электроды; в бетонную смесь устанавливают термометры;
- проверяют надежность всех соединений, после чего персонал выходит за пределы ограждения и на электроды подается электрический ток;
- по достижении бетонной смесью заданной температуры ток выключают, проверяют отсутствие напряжения на контактных выводах подводящих проводов, после чего последовательно отключают электроды, нулевой провод и провод защитного заземления;
- бадью с разогретой смесью подают к месту ее укладки.

В период подачи разогретой бетонной смеси в конструкцию производят электроразогрев во второй бадье.

Разогретую бетонную смесь не рекомендуется держать в бадье более 10-15 мин во избежание потери ее подвижности и большого охлаждения.

Электроразогрев бетонной смеси осуществляется переменным электрическим током напряжением до 380 В. Расчеты параметров электроразогрева бетонной смеси даны в [приложении 5](#).

Температура разогрева бетонной смеси, приготовленной на портландцементе, не должна превышать +70°C.

Опалубка и арматура перед бетонированием должны быть очищены от снега и наледи.

Не рекомендуется проводить бетонирование конструкций при температуре наружного воздуха ниже -30°C и при модуле поверхности более 12.

Укладку бетона осуществляют быстрыми темпами и непрерывно. Перегрузка разогретой бетонной смеси не допускается. Сразу после уплотнения неопалубленная поверхность бетона тщательно укрывается паро-, теплоизоляционными материалами. Перерывы в укладке бетона в конструкцию крайне нежелательны.

Если все же перерыв неизбежен, то поверхность свежеложенного бетона тщательно утепляют до возобновления бетонирования.

При выдерживании бетона проводят тщательное наблюдение за температурным режимом его твердения. При резком понижении температуры наружного воздуха необходимо принять меры по дополнительному утеплению неопалубленной поверхности бетона.

Работу по разогреву бетона в бадьях выполняет одно звено, состоящее из бетонщика 2 разр. - 1 чел., электрооператора 4 разр. - 1 чел.

Для проведения бетонных работ с минимальными затратами труда все транспортные средства и механизмы следует размещать в зоне бетонирования таким образом, чтобы исключить ручной труд по приему, подаче и разравниванию бетонной смеси.

Автосамосвал с бетонной смесью подходит к площадке для электроразогрева бетонной смеси, выгружает ее в бадьи, установленные на дощатом настиле.

Бетонщик следит за загрузкой бадей, при необходимости очищает кузов от налипшего бетона, разравнивает бетонную смесь, не допуская пустот между электродами, а также между электродами и корпусом бадьи.

Электрооператор подключает одну из бадей к сети переменного тока при помощи штекерного устройства.

Убедившись в отсутствии людей на площадке электроразогрева, электрооператор включает рубильник, тем самым подавая напряжение на первую бадью.

По достижении заданной температуры прибор ЭРА, входящий в электрическую цепь, автоматически отключает подаваемое напряжение.

Электрооператор проверяет отсутствие напряжения на электродах и дает разрешение бетонщику на строповку первой бади.

По сигналу бетонщика крановщик выполняет подъем и подачу бади к месту укладки бетонной смеси.

В период укладки бетонной смеси из первой бади производят разогрев второй бади по той же технологической схеме, что и первой.

Перед приемом бетонной смеси из следующего автосамосвала бетонщик очищает бадью от прилипшего бетона и устанавливает их согласно схеме (см. [приложение 6](#)).

Цикл приема бетона, разогрева и укладки его в подколонники повторяется.

Расчет экономического эффекта от применения метода кратковременного электроразогрева бетонной смеси в бадьях по сравнению с электродным методом электроподогрева бетона в конструкции приведен в [приложении 7](#).

Калькуляция трудовых затрат приведена в [таблице 2](#).

График производства работ составлен на электроразогрев 100 м³ бетонной смеси и представлен в [таблице 3](#).

Контроль за производством работ и качеством бетона

При укладке бетонной смеси, предварительно разогретой электрическим током, необходимо осуществлять контроль за:

- приготовлением бетонной смеси;
- транспортированием смеси на строительную площадку;
- разогревом бетонной смеси;
- укладкой разогретой бетонной смеси в конструкцию;

- выдерживанием бетона в конструкции до распалубки и замерзания.

При приготовлении бетонной смеси особое внимание следует обращать на точность дозировки компонентов.

Температурный контроль разогрева бетонной смеси осуществляется прибором ЭРА. Прибор автоматически отключает напряжение, подаваемое на бадью, при достижении заданной температуры разогрева.

Контроль за транспортированием бетонной смеси, за укладкой разогретой бетонной смеси в конструкцию и за выдерживанием бетона в конструкции выполняется обычными приемами и методами при производстве бетонных работ в зимнее время.

Техника безопасности

Настоящие указания по технике безопасности составлены на основе общих положений СНиП III-A.11-70 «Техника безопасности в строительстве» с учетом специфических условий электроразогрева бетонной смеси в бадьях.

Главные инженеры, главные энергетики, производители работ, применяющие электроразогрев бетонной смеси в бадьях, обязаны обеспечить на объекте выполнение правил техники безопасности СНиП III-A.11-70.

За безопасное состояние установки отвечает инженерно-технический работник, назначенный приказом по строительному управлению.

Посторонние лица на площадку электроразогрева не допускаются.

Рабочие, обслуживающие участок электроразогрева, должны быть обучены правилам безопасности эксплуатации пункта электроразогрева и должны иметь специальный допуск для работы на этом пункте.

Управление процессом электроразогрева бетонной смеси осуществляется электрооператором, имеющим квалификацию не ниже 3 разряда и удостоверение на право допуска к обслуживанию электроустановок напряжением до 1000 В.

Электроразогрев бетонной смеси в бадьях разрешается производить только на специально оборудованной площадке.

Площадка должна иметь со всех сторон ограждение высотой 1,5 м, выполненное из инвентарных секций. На ограждении устанавливаются сигнальные лампы, загорающиеся при подаче напряжения.

Со стороны приема бетонной смеси устанавливается шлагбаум или ворота, препятствующие входу и въезду на территорию пункта во время разогрева бетонной смеси. В пунктах устанавливается автоблокировка, которая отключает участок от электросети в случае подъема шлагбаума во время разогрева.

На участке разогрева со стороны приема бетонной смеси, а также на видном для крановщика месте устанавливаются заблокированные светофоры - красный и зеленый. Красный монтируется в табло: «Стоять! Высокое напряжение!», зеленый - в табло: «Подогрев окончен».

Управление процессом электроразогрева бетонной смеси в бадьях осуществляется из утепленной кабины, в которой установлен пульт.

Металлические детали ограждения должны иметь заземление, бадьи должны быть установлены на изолированном основании. У силового щита необходимо устанавливать деревянные решетки, покрытые диэлектрическими ковриками.

Около площадки электроразогрева должны быть вывешены инструкции, плакаты и предупредительные надписи по технике безопасности при производстве работ по электроразогреву, а также «Правила оказания первой помощи при поражении электротоком».

Все электрическое оборудование должно быть надежно заземлено в соответствии с требованиями «Инструкции по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента» (СН 39-58).

Состояние изоляции кабелей, электродов, зануление корпуса бадьи, заземление металлических ограждений должно периодически проверяться визуально, а также с помощью мегомметра.

При работе в вечернее время площадка должна быть хорошо освещена. Освещение рабочих мест должно соответствовать «Нормам электрического освещения строительных и монтажных работ» (СН 81-60).

При перерывах в работе, ремонте и демонтаже оборудования напряжение в подводящих сетях должно быть полностью снято. Измерение температуры бетонной смеси в процессе электроразогрева техническими термометрами допускается только при выключенном напряжении.

Одновременно включать в сеть несколько бадей в пределах одной площадки не разрешается.

Т а б л и ц а 2

Калькуляция трудовых затрат на электроразогрев 100 м³ бетонной смеси

Шифр норм	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Норма времени на ед. изм., чел.-ч	Затраты труда на весь объем работ, чел.-дн.	Расценка на единицу измерения, руб.-коп.	Стоимость затрат труда на весь объем работ, руб.-коп.
§ 4-1-36 т. 5	Прием бетонной смеси из кузова самосвала в бадью, очистка кузова и строповка бадьи после электроразогрева	1 м ³	100	0,115	1,44	0-05,7	5-70
§ 4-1-38 п. 2 К = 0,25	Электроразогрев бетонной смеси	1 м ³	100	0,25	3,13	0-15,1	15-10
	Всего на 100 м ³				<u>4,57</u> чел.-дн. 36,56 чел.-ч		20-80
	Всего на 1 м ³				<u>0,046</u> чел.-дн. 0,37 чел.-ч		0-21

Стоимость прогрева 1 м³ бетонной смеси равна: 0-21 руб. + 36×0-025 руб. = 1-11 руб., где

0-21 руб. - стоимость затрат труда при электроразогреве;

0-90 руб. - стоимость израсходованной энергии.

Таблица 3

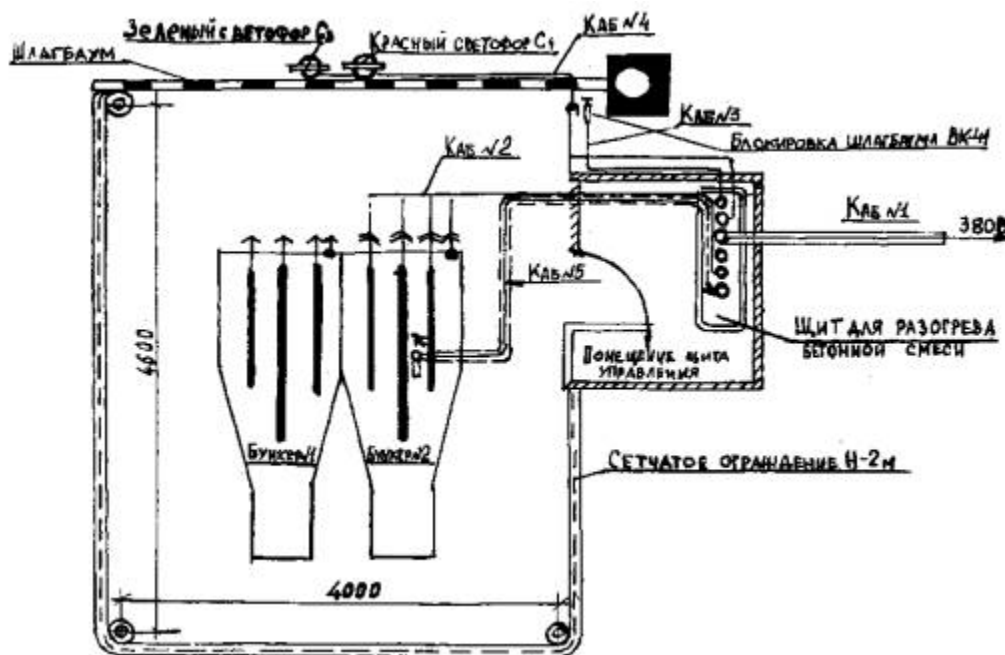
Трансформатор тока катушечный 600/5А	Тк-20	шт.	3
Амперметр переменного тока, шкала 0-600/5А	Э-30	шт.	3
Конечный выключатель	ВК-411	шт.	1
Кнопка управления двухштифтовая	К-4-121/2	шт.	1
Контактор	КТВ-35	шт.	1
600 А			
220 В			
Арматура сигнальная с электролампой 220 В	АС-220	шт.	5
Реле промежуточное 220 В, два переключающих контакта	ПЭ-6	шт.	2
Электронный автоматический регулятор, шкала 0-100 6 с градуировкой 23	ЭРА	шт.	1
Металлоконструкция силового щита одностороннего обслуживания с передней дверью, размером 2160 × 800 × 500 мм		шт.	1
Металлоконструкция светофора размером 250 × 250 × 300 мм			
Секция путигородских и железнодорожных светофоров	н/ст.	сек	1-2

Кабель силовой шланговый $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{ мм}^2$	КРПТ	м	20
Провод сечением 240 мм^2	ПРГ-500	м	75
Провод сечением 95 мм^2	ПРГ-500	м	24
Провод сечением $1,5 \text{ мм}^2$	ПРГ-500	м	33
Кабель контрольный КВРГ- $3 \times 1,5$	КВРГ	м	25
Кабель контрольный $4 \times 1,5 \text{ мм}^2$	КВРГ	м	25
Кабель шланговый резиновый морской экранированный $3 \times 1,5$	ШРПСЭ	м	15
Шины алюминиевые сечением 50×5	-	кг	5
Клеммы наборные	КН-3м	шт.	16
Сетка металлическая, ячейка 20×20		кг	1
Трубы водогазопроводные			
Æ 3"		м	10
Æ 1"		м	25
Æ 3/4"		м	10
Текстолит листовой			

$\delta = 10$ мм		кг	5
$\delta = 3$ мм		кг	5
Трубка эбонитовая изоляционная $\varnothing 10$ мм	-	м	10
Полоса 30×4 мм для заземления	-	м	30
Метизы, мелкие металлоконструкции	-	кг	50
Термосопротивление	ТС-100	шт.	1

Приложение 1

ПУНКТ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА

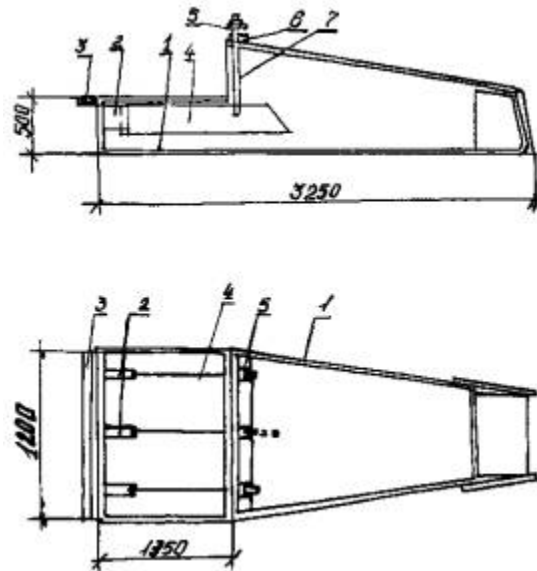


Примечания:

1. Сетчатое ограждение, стойкие и металлические конструкции - заземлить!
2. Термометр сопротивления ТС переносить и устанавливать между электродами

БАДЬЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Вариант с верхним подводом электроэнергии на бадью

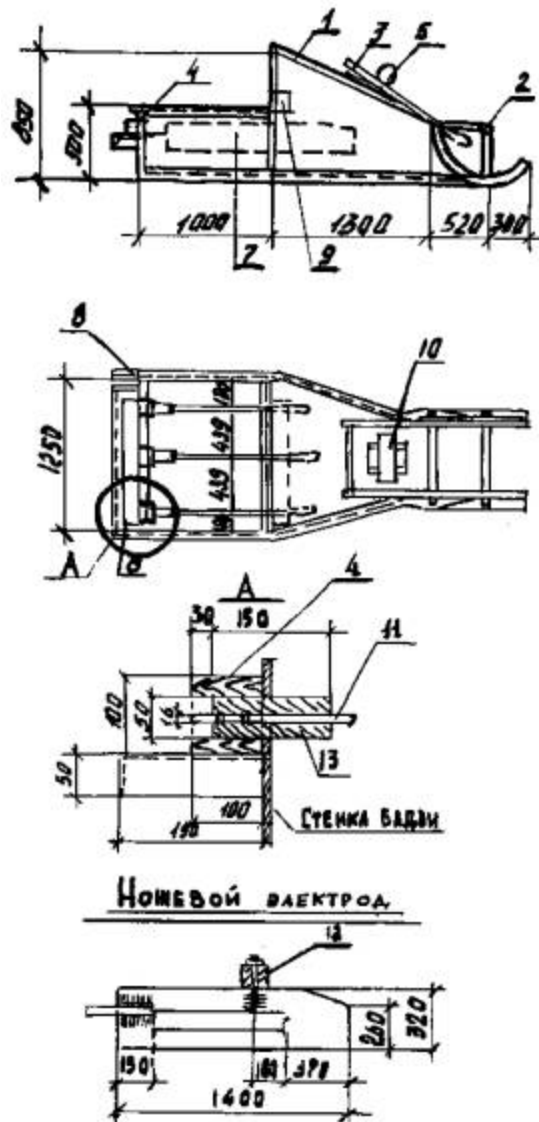


1. Корпус бадьи; 2. Гетинаксовые плиты; 3. Упорный брус; 4. Пластина-электрод;
5. Плоское токоприемное устройство; 6. Брус крепления токопроводящих стержней; 7. Стальной токопроводящий стержень

Приложение 2

БАДЬЯ $V = 0,8 \text{ м}^3$ С ВМОНТИРОВАННЫМИ НОЖЕВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Вариант с торцовым подводом электроэнергии на бадью



1. Корпус бадьи; 2. Секторный затвор; 3. Поворотная ручка; 4. Деревянный брус 100 × 100 с тремя отверстиями \varnothing 50; 5. Вибратор площадочный; 6. Упорная рамка 50 × 6; 7. Ножевой электрод; 8. Петля для подъема бункера; 9. Деревянный брус 100 × 100 для крепления электродов; 10. Швеллер № 16; 11. Контактный стержень; 12. Болт для крепления электрода к брусу; 13. Резиновая трубка \varnothing 50 мм

Примечания:

1. Все размеры даны в мм.
2. Электроды изготавливаются из листовой стали Ст. 3 [ГОСТ 380-71](http://www.gost.ru).

РАСЧЕТ

длительности остывания бетона в отдельно стоящих фундаментах по формуле

профессора Б.Г. Скрамтаева

$$\alpha = \frac{C_b \cdot \gamma_b \cdot (t_b^0 - t_x^0) + \Delta \Theta \cdot Ц}{K \cdot M_n \cdot (t_{cp}^0 - t_{кс}^0)},$$

α - время остывания в часах;

C_b - удельная теплоемкость бетона = 0,25 ккал/кг·град.;

γ_b - объемный вес бетона = 2400 кг/м³;

t_b^0 - расчетная температура укладки бетона = 70°C;

t_x^0 - температура бетона к концу остывания = 5°C;

$\Delta \Theta$ - экзотермическое тепло, выделяемое во время остывания бетоном, приготовленным на портландцементе марки «400» = 65 ккал/кг;

$Ц$ - расход цемента = 300 кг/м;

K = коэффициент общей теплоотдачи с учетом ветра для опалубки из досок 40 мм = 4,1 ккал/м²·ч·градус (скорость ветра - 5 м/сек);

M_n - модуль поверхности конструкции = 4,0 (для подколонника подкачечной Н С);

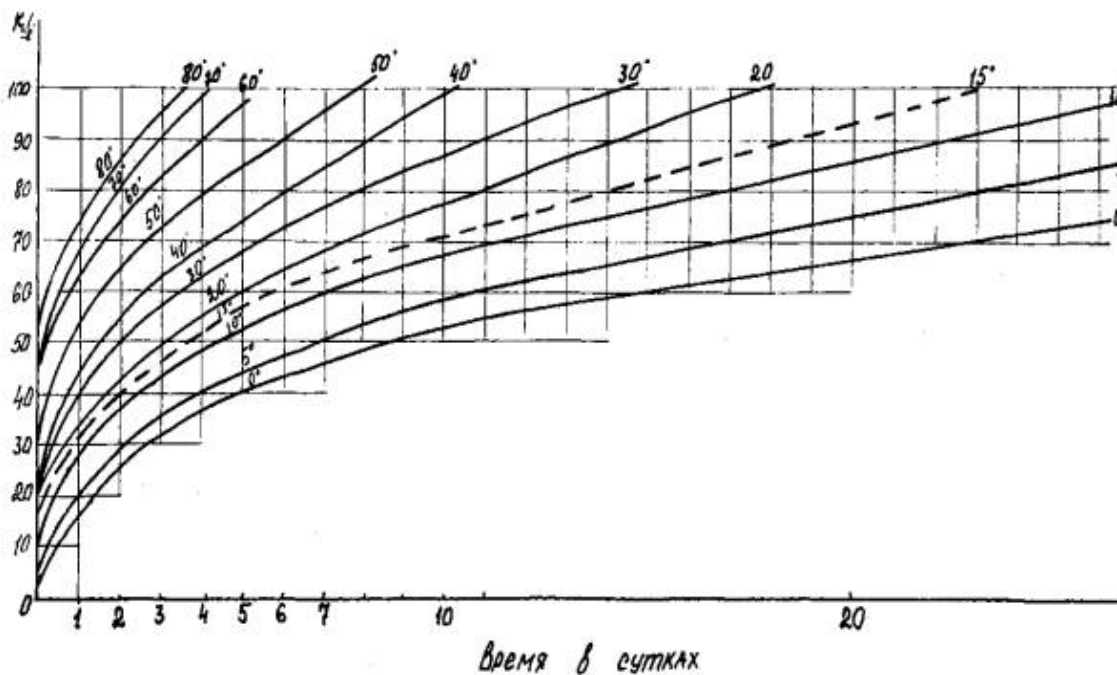
$t_{ср}$ - средняя температура бетона за время остывания = $70 - 5/2 = 32,5^{\circ}\text{C}$;

$t_{в.с.г}$ - средняя суточная температура наружного воздуха = -20°C

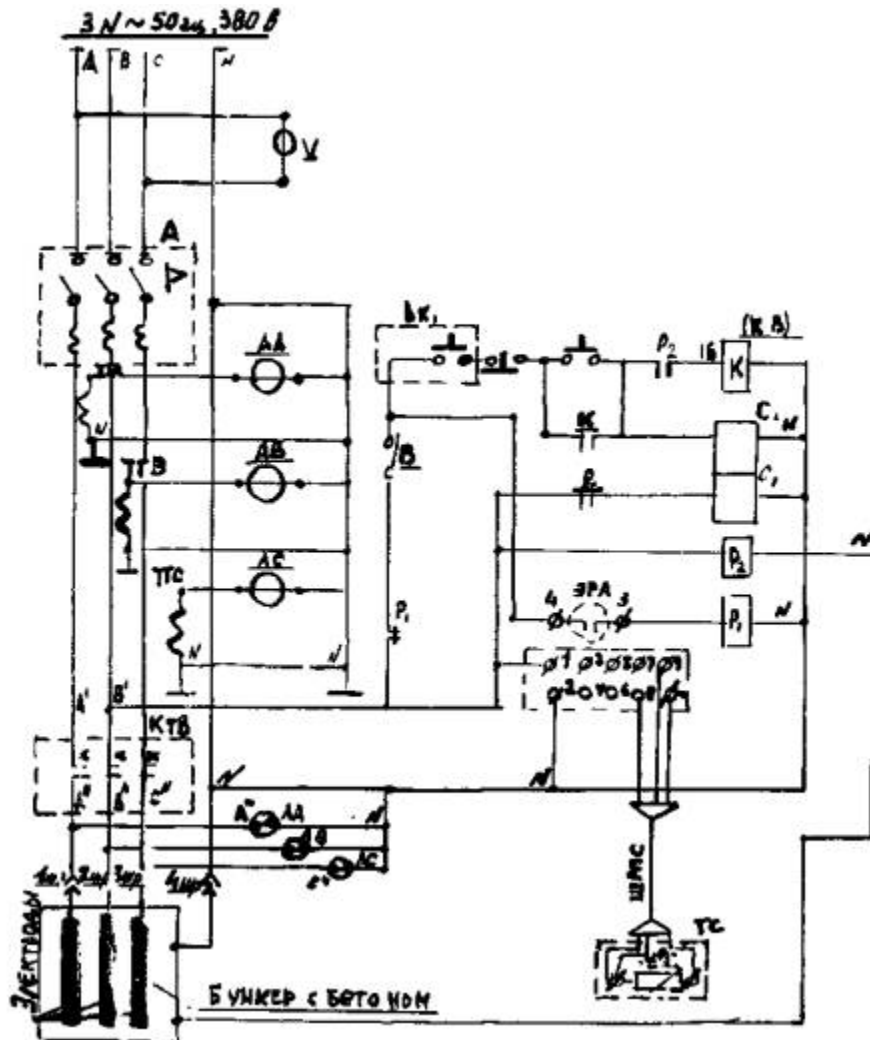
$$\alpha = \frac{0,25 \cdot 2400 \cdot (70 - 5) + 65 \cdot 300}{4,1 \cdot 4,0 \cdot (32,5 - (-20))} = 68 \text{ часов}$$

По графику (см. стр.) для средней температуры $32,5^{\circ}\text{C}$ и расчетного времени 68 часов бетон будет иметь прочность к концу остывания до 5°C 62 % от R_{28} , что является вполне достаточным для набора бетоном критической прочности перед замораживанием.

График набора прочности бетона на портландцементе марки 400,500 по данным НИИМосстроя



**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПУНКТА
ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА**



Условное обозначение	Наименование	Тип марки	Количество	Примечание
N	Вольтметр	Э-30	1	ШК = 0-450 В

А	Автомат		А-3140	1	$U_M = 600 \text{ A}$; $U_{убг} = 1750 \text{ A}$
ТТА; ТТВ; ТТС	Трансформатор тока		ТК-20	3	$U_M = 600/5 \text{ A}$
АА; АВ; АС	Амперметр		Э-30	3	ШК = 0-600/5A
КТВ	Контактор		КТВ-35	1	$U_M = 600 \text{ A}$; $U_K = 220 \text{ В}$
1 шр; 2 шр; 3 шр; 4 шр	Штепсельный разъем		н/ст	4	Изготовление местное
ВК	Выключатель конечный		ВК-411	1	
КС; КП	Кнопка двухштифтовая		КУ-121	1	
В	Выключатель		ПК2-10	1	
Ск	Светофор	спаренный	н/ст	1	Красный светофильтр
Сз	Светофор		н/ст	1	Зеленый светофильтр
Р ₁ ; Р ₂	Промежуточное реле		ЭП-21	1	$U_K = 220 \text{ В}$; 2 н/о 1 н/з
ЭРА	Электронный регулятор автоматический гр. 23		ЭРА	1	$t_{уст} = 0-100^\circ\text{C}$
ЛА	Сигнальная арматура		АС-220	1	Красный светофильтр

ЛВ	Сигнальная арматура	АС-220	1	Желтый светофильтр
ЛС	Сигнальная арматура	АС-220	1	Синий светофильтр
ТС	Термометр сопротивления	ТСМ-Х	1	Гр. 23; Д = 500
ШРПСЭ	Кабель экранизированный	ШПРС 3 3 × 1,50	15 м	Уточняется по месту

Примечания:

1. Лампы Ск и Сз (светофоры) установить на шлагбауме.
2. Измерительные цепи регулятора ЭРА тщательно заэкранировать. Экраны занулить.
3. В контакторе КТВ установить блокконтакт с нормально закрытым контактом.

Приложение 5

РАСЧЕТЫ

параметров электроразогрева бетонной смеси в бадьях

Исходные данные

1. Напряжение $U = 380 \text{ В}$
2. Бетон марки «200» на портландцементе марки «400» с расходом цемента 300 кг/м^3 .

Водоцементное отношение 0,5; подвижность смеси 6-8 см.

3. Удельное сопротивление бетонной смеси

$$r_{\text{расч.}} = 600 \text{ Ом}\cdot\text{см}$$

4. Объемный вес бетонной смеси $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$, теплоемкость $C = 0,25 \text{ ккал/кг}\cdot\text{град}$.

5. Емкость бадьи $V_B = 0,8 \text{ м}^3$, ширина бадьи $B = 125 \text{ см}$. Расстояние между электродом и стенкой бадьи $l = 18 \text{ см}$; участок максимальной силы тока (см. расчет потребляемой мощности). Разогрев бетонной смеси производится от

$$t_{\text{ж}}^{\text{н}} = 5^{\circ}\text{C до}$$

$$t_{\text{ж}}^{\text{к}} = 70^{\circ}\text{C.}$$

Расчет потребной энергии для нагрева 1 м³ бетонной смеси

Удельный расход энергии при электроразогреве бетонной смеси определяется по формуле:

$$Q = C \cdot \gamma \cdot V_B \cdot ($$

$$t_{\text{ж}}^{\text{к}} -$$

$$t_{\text{ж}}^{\text{н}}) \text{ ккал.}$$

Так как через бетонную смесь, находящуюся ниже пластин-электродов, электрический ток почти не проходит, то в расчет принимается не весь объем бетонной смеси в бадье ($0,8 \text{ м}^3$), а только $0,5 \text{ м}^3$. Подставляя числовые значения в формулу, получаем:

$$Q = 0,25 \cdot 2400 \cdot 0,5 \cdot (70 - 5) = 19500 \text{ ккал,}$$

или

$$19500 \cdot 0,00116 = 22,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$(1 \text{ ккал} = 0,00116 \text{ кВт}\cdot\text{ч})$$

Расчет потребляемой мощности

Сопротивление бетонной смеси определяется по формуле:

$$R_{\text{ф}} = \rho \cdot \frac{l}{S_{\text{усл}}},$$

где

S - площадь сечения бетонной смеси, уложенной в бадью. Так как бетонная смесь является неоднородной массой, и ток от пластины идет в обе стороны, то площадь условно определяется из отношения:

$$S_{\text{усл}} = \frac{V \cdot 2}{B} = \frac{500 \cdot 2}{125} = 8000 \text{ см}^2,$$

откуда

$$R_{\text{ф}} = 600 \cdot \frac{18}{8000} = 1,4 \text{ А}$$

Сила тока на фазе составит:

$$I_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ф}}} = \frac{220}{1,4} = 157 \text{ А}$$

Мощность на одной фазе равна:

$$N = Y \cdot U = 157 \cdot 220 = 34540 \text{ Вт} = 34,5 \text{ кВт}$$

Полная мощность при разогреве 3 фазами:

$$N = \sqrt{3} \cdot U \cdot Y_{\text{ф}} \cdot \cos \phi \text{ или } 3 \cdot U_{\text{ф}} \cdot Y_{\text{ф}}$$

$$N = 3 \cdot 220 \cdot 157 = 103,5 \text{ кВт}$$

Расчет времени разогрева (Т)

Приведенная работа равна:

$$A = K \cdot Q$$

$$A = 0,98 \cdot 22,6 = 22,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где

$K = 0,98$ - коэффициент теплопотерь.

Откуда время разогрева составит:

$$T = \frac{A}{N} = \frac{22,1}{103,5} = 0,21 \text{ ч} = 12,6 \text{ мин}$$

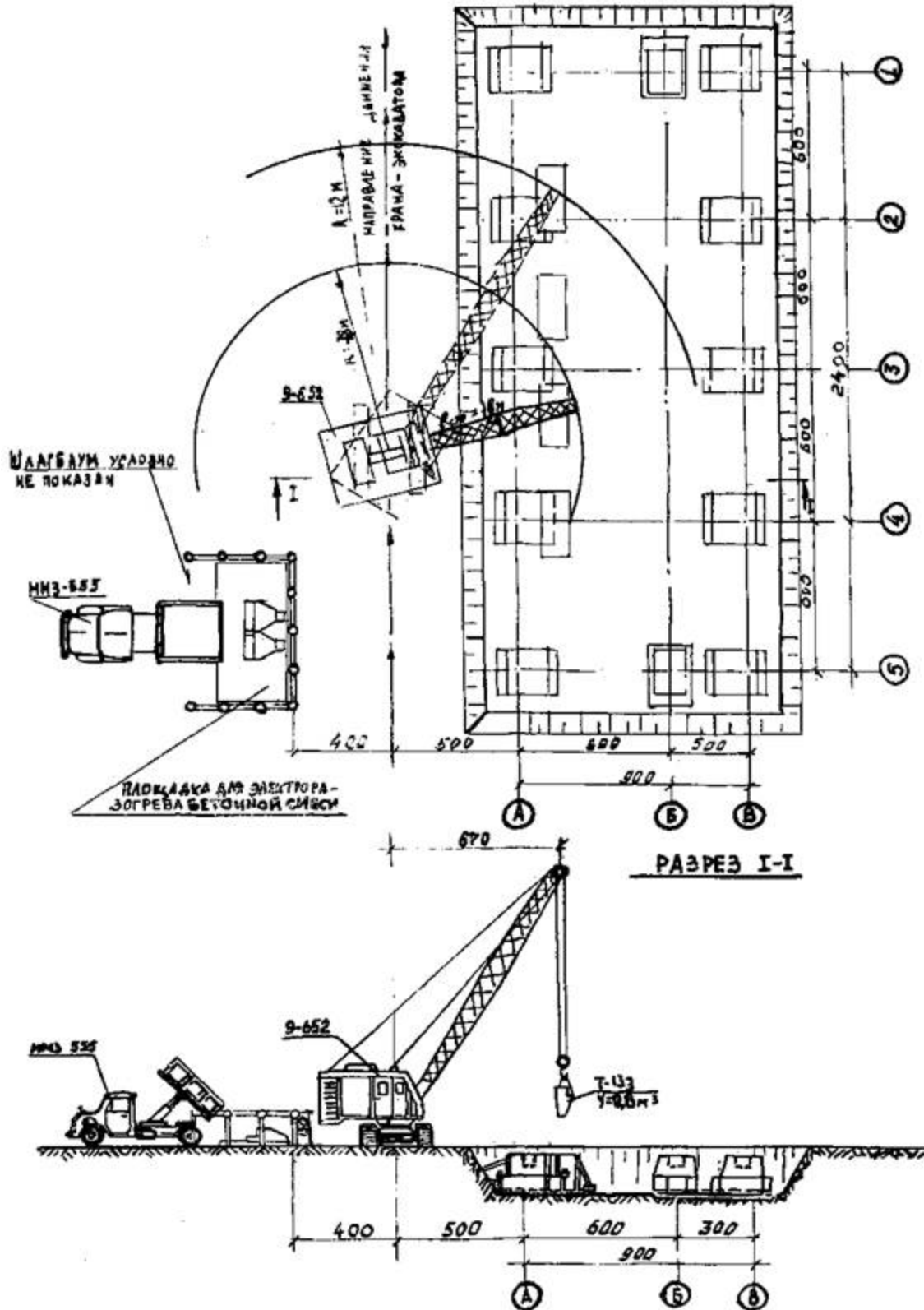
Объема бетона (Р) укладываемого за сутки (16 часов) при коэффициенте использования по времени 0,8 равен:

$$P = \frac{V \cdot \Pi \cdot K}{T} = \frac{0,8 \cdot 16 \cdot 0,8}{0,21} = 49 \text{ м}^3$$

Приложение 6

Технологическая схема укладки разогретого бетона в подлокотники насосной станции

План фундаментов насосной станции



РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Расчет ведется на 100 м³ бетона для конструкций с Мп = 5.

Наименование затрат	Ед. изм.	Затраты		Основной шифр	Экономия
		при электропрогреве бетона	при электроразогреве бетона		
Электроэнергия	кВт/ч	8000 200,0	2260 56,5	Прейскурант № 09-01 разд. 1, п. 7	143,5
Пар	ккал руб.	49584 16,4	16474 5,4	Прейскурант № 09-01 разд. 11, п. 5	11,0
Электроды	кг руб.	700 65	- -		65,0
Пластины-электроды	кг руб.	- -	31,5 6,61		-6,61
Кабель силовой КРТП 3×70 + 1×50	м руб.	- -	20,0 20,6	Прейскурант № 15-09	-20,6
Провод (разводка) ПР	м руб.	1030 111,0	- -		111,00

Рабочая сила	чел.- дн. руб.	12,5 64,5	3,13 16,2	ЕНиР § 4-1-38 п. 2	48,3
--------------	----------------------	--------------	--------------	--------------------------	------

Примечания:

1. Минус в графе «экономия» означает отсутствие позиции в графе «затраты при электропрогреве бетона».

2. Расчетные температуры:

а) для электропрогрева бетона +60°C;

б) для электроразогрева бетонной смеси +70°C;

в) наружного воздуха -20°C;

3. Стоимость понижающих трансформаторов ТМОА-50 при электропрогреве бетона и стоимость работ, связанных с устройством автоматизированного пункта при электроразогреве бетонной смеси в расчете не учтены.

Экономия на 1 м³ бетона составляет:

$$\frac{378,8}{100} = 3 \text{ руб. } 79 \text{ коп.}$$