НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО РАЗОГРЕТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Москва — 1969

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО РАЗОГРЕТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МОСКВА—1969

УДК 693.547.32

Производство бетонных работ в зимнее время связано с дополнительными затратами средств и труда для создания надлежащих условий твердения бетона и достижения им до замерзания необходимой прочности.

Применяемые методы термообработки бетона на морозе — паропрогрев, электродный прогрев, обогрев электронагревательными устройствами, в том числе и инфракрасного излучения — имеют ряд недостатков, основными из которых является их повышенная стоимость и энергоемкость.

Новокузнецким отделением Уралниистромпроекта Министерства промышленности строительных материалов СССР совместно с НИИЖБ Госстроя СССР разработан новый, более экономичный метод термообработки бетона при возведении монолитных конструкций в зимнее время. Он основан на использовании предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей перед укладкой их в опалубку. Предварительный разогрев бетонной смеси существенно расширяет область применения самого простого и экономичного метода «термоса», позволяя возводить конструкции с модулем поверхности до 12. Расход электроэнергии при этом снижается по сравнению с другими способами электротермообработки и составляет в среднем 40—60 *квт · ч* на 1 $м^3$ бетона.

Применение предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей в производственных условиях на объектах Кузбасса, Тагилстроя, Главмосстроя, Главленинградстроя и других организаций в разных районах страны выявило эффективность этого метода: повысилось качество возводимых на морозе монолитных конструкций, сократились затраты электроэнергии, снизилась стоимость производства работ.

В основу настоящих Рекомендаций положены результаты научно-исследовательских работ и материалы по обобщению производственного опыта применения предварительно разогретых бетонных смесей, а также ранее издававшиеся по этому вопросу инструктивные документы.

В Рекомендациях приведены данные по области применения предварительно разогретых смесей, требования к материалам, оборудованию для электроразогрева, приготовлению, транспорту, режимам электроразогрева и укладке бетонной смеси, а также по контролю качества и технике безопасности.

Рекомендации разработаны под руководством д-ра техн. наук проф. С. А. Миронова канд. техн. наук Б. А. Крыловым, инженерами В. Д. Копыловым, Ю. Н. Абакумовым, Р. А. Лукичевым, О. С. Ивановой (НИИЖБ Госстроя СССР), канд. техн. наук А. С. Арбеньевым, инженерами А. Д. Козловым, В. П. Легашевой (Новокузнецкое отделение Уралниистромпроект), инж. В. П. Лысовым (трест Кузнецкметаллургстрой), канд. техн. наук Я. Р. Бессером (НИИМосстрой).

Все замечания и предложения по содержанию настоящих Рекомендаций просим направлять в лабораторию методов ускорения твердения бетонов НИИЖБ Госстроя СССР по адресу: Москва, Ж-389, 2-я Институтская ул., д. 6.

3—2—4

План 11т кв. 1958 г., № 10

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И СУЩНОСТЬ СПОСОБА

1.1. 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 и прочности при последующем твердении.

Поэтому действующие СНиП не разрешают замораживание бетона в конструкциях до достижения им прочности менее 50% от R_{28} (глава СНиП III-В.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Общие правила производства и приемки работ»).

1.2. Для достижения бетоном необходимой прочности к моменту замерзания, при которой последнее не снизит его качества, применяют выдерживание бетона методом «термоса» или с обогревом, обеспечивающие надлежащие условия твердения бетона при отрицательной температуре окружающей среды.

Наиболее экономичным является метод «термоса». Однако он пригоден в основном для возведения массивных монолитных конструкций с модулем поверхности не более 5. Применение пропаривания и электрообогрева требует существенных энергозатрат, усложняет производство работ. Даже наиболее эффективный из способов электротермообработки — электродный прогрев — связан с расходом электроэнергии в среднем 80—120 *квт · ч* на 1 $м^3$ бетона.

1.3. Применение предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей при зимнем бетонировании позволяет расширить границы метода «термоса». Сущность этого способа заключается в кратковременном их электроразогреве перед укладкой и последующем выдерживании без обогрева или в отдельных случаях с дополнительным обогревом при возведении конструкций при сильных морозах или с повышенным модулем поверхности.

1.4. Применение предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей способствует ускорению реакций гидратации и экзотермии цемента. Уплотнение бетонной смеси в горячем состоянии исключает остаточное тепловое расширение бетона, которое обычно имеет место при других методах тепловой обработки конструкций, обеспечивая тем самым повышение качества бетона.

1.5. Применение предварительного разогрева бетонных смесей электрическим током перед укладкой дает возможность отказаться от подогрева до высоких температур заполнителей на заводе и ограничиться только их оттаиванием, увеличить длительность транспортирования бетона на морозе, не опасаясь его остывания до температуры 5°С, обеспечить высокую начальную температуру бетона при укладке в конструкции до 60—80°С, выдерживать бетон по методу «термоса», а следовательно, отказаться от прогрева его в конструкциях с модулем поверхности до 12, а в ряде случаев и выше.

Применение быстротвердеющих и высокомарочных цементов, а также химических добавок позволяет повысить эффективность этого способа.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Предварительно разогретые электрическим током бетонные смеси рекомендуется применять для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций, а также сборных изделий на полигонах при отрицательных температурах наружного воздуха, а также при низких, приближающихся к 0°С, положительных температурах.

2.2. Укладка предварительно разогретых бетонных смесей обеспечивает к моменту остывания бетона до 0°С получение прочности, равной 50—80% марочной, при применении портландцементов марки 400 и выше с добавкой в бетон 1—2% хлористого кальция или натрия от веса цемента; 50—70% при применении портландцементов тех же марок без введения в бетон добавок — ускорителей твердения; 50—60% при применении шлакопортландцемента марки 400 и выше в конструкциях с модулем поверхности до 6.

2.3. Для получения указанной прочности бетона до замораживания необходимо соответствующее утепление конструкции в зависимости от модуля ее поверхности и температуры окружающей среды, которое назначается

по расчету. Ориентировочно для температуры воздуха до —40°С оно должно быть следующим:

а) при возведении конструкций с модулем поверхности менее 3 подогретую бетонную смесь достаточно укладывать слоем толщиной 0,4 *м* лишь в основание и по периметру конструкций с утеплением открытой поверхности;

б) при возведении конструкций с модулем поверхности от 3 до 8 роль утепления выполняет деревянная опалубка толщиной 30—40 *мм* с укрытием неопалубленной части бетона слоем термоизоляции;

в) при возведении конструкций с модулем поверхности 8—12 и более опалубку и открытые бетонные поверхности необходимо утеплить дополнительно, а в случае надобности — и обогревать.

3. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

3.1. Для приготовления бетонных смесей, подвергаемых электроразогреву, рекомендуется применять высокоалитовые и быстротвердеющие портландцементы марки 400 и выше, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 10178-62 «Портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности». Применение пуццоланового портландцемента для приготовления таких бетонов не рекомендуется.

Шлакопортландцементы допускается применять для возведения массивных конструкций с модулем поверхности до 6 или в конструкциях с бо́льшим модулем, где бетон подвергается дополнительному обогреву в процессе выдерживания.

3.2. Песок и крупный заполнитель должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10268-62 «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования». Возможно применение холодных, но оттаявших и не имеющих смерзшихся комьев заполнителей.

3.3. Вода для затворения бетонных смесей, подвергаемых электроразогреву, должна удовлетворять тем же требованиям, что и для затворения обычного бетона.

3.4. Оптимальная подвижность бетонной смеси, подвергаемой предварительному разогреву электрическим током, составляет 6—8 *см*. При разогреве менее подвижной смеси необходимо особое внимание обращать на равномерность ее распределения между электродами в бун-

керах разогрева с целью обеспечения более равномерного подъема температуры.

3.5. В целях ускорения твердения бетона и улучшения его токопроводящих свойств рекомендуется применение добавок хлористого кальция и натрия, а также нитрита натрия.

Величина добавок хлористых солей для неармированных конструкций не должна превышать 2% веса цемента. Для армированных конструкций добавка хлористых солей при электроразогреве смеси допускается в количестве не более 0,5—1% веса цемента при соблюдении следующих условий:

а) арматура располагается в плотном бетоне;

б) толщина защитного слоя бетона составляет не менее 15 *мм*.

Применение добавок хлористых солей не допускается:

а) для конструкций с рабочей арматурой 5 *мм* и менее;

б) в предварительно напряженных конструкциях;

в) в конструкциях, эксплуатирующихся в среде с повышенной влажностью;

г) в подземных конструкциях городского хозяйства большой протяженности и подземном хозяйстве открытых электрических подстанций, если не принимаются специальные меры защиты против блуждающих токов.

Величина добавки нитрита натрия составляет 1% веса цемента.

3.6. Расчет и подбор составов бетонных смесей на плотных заполнителях, подвергаемых предварительному электроразогреву, осуществляется любым проверенным на практике способом, обеспечивающим получение заданной прочности в установленные сроки при наименьшем расходе вяжущего. Для обеспечения надлежащей подвижности бетонных смесей на пористых заполнителях при расчете их составов количество вводимой воды допускается увеличивать на 5%.

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

4.1. Электроразогрев бетонной смеси рекомендуется осуществлять от сети с напряжением до 380 *в* в бункерах емкостью 0,7—2 $м^3$ с установленными в них пластинчатыми электродами, изолированными от корпуса бунке-

ра (см. Приложение 1). Возможен разогрев бетонной смеси в любой другой емкости, расстановка электродов в которой обеспечивает равномерность подъема температуры по всей массе. Емкость бункера определяется расчетом с учетом имеющейся электрической мощности, кранового оборудования и транспортных средств.

4.2. Электроразогрев бетонной смеси может осуществляться от имеющегося на стройке трансформатора с самостоятельным щитом. Для удобства работы целесообразно установить отдельный трансформатор (или группу трансформаторов) с напряжением на низкой стороне 220 или 380 *в* (см. Приложение 2) и с включением в электрическую цепь не менее двух прерывателей — рубильника с соответствующим плавким предохранителем и магнитного пускателя. Мощность устанавливаемого трансформатора выбирается в зависимости от объема одновременно разогреваемой бетонной смеси и скорости подъема температуры.

4.3. Используемые при электроразогреве бетонной смеси однофазные трансформаторы для работы от трехфазной силовой сети группируются по три и соединяются «в звезду» или в «треугольник».

Помимо стационарных установок для электроразогрева бетонной смеси целесообразно применять передвижные, состоящие из одного или нескольких трансформаторов, распределительного щита и пульта управления.

4.4. Для полной загрузки мощности трансформаторов целесообразно иметь на строительной площадке несколько бункеров электроразогрева одинакового объема и разогрев бетона осуществлять последовательно без технологических перерывов.

4.5. Распределительный щит установки для электроразогрева бетонной смеси должен иметь:

амперметр с верхним пределом измерения не ниже 750 *а* на каждой фазе;

вольтметр с верхним пределом измерения не ниже 500 *в* на каждой фазе;

фазометр для определения коэффициента мощности (ЭНФ);

трансформатор тока (О-49У) на каждой фазе;

счетчик активной энергии (САЧУ);

сигнальную арматуру (АС-ДС) на каждой фазе;

светильники (РН-100) не менее 2 шт.;

сирену (СС-1) не менее 1 шт.

Пульт управления с распределительным щитом и аппаратурой для дистанционного контроля за температурой в процессе разогрева бетонной смеси должен размещаться у поста разогрева или в специальном мобильном помещении.

Примечание. В процессе электроразогрева допускается замерять силу тока токозамеряющими клещами.

4.6. Подводка электрического тока для питания трансформаторов и бункеров электроразогрева осуществляется по воздушной или прокладываемой в грунте кабельной линии. При пересечении дорог и проездов кабели должны быть подвешены на высоте не менее 6 *м* или проложены под ними в стальных, железобетонных и асбестоцементных трубах или каналах.

4.7. Допустимые токовые нагрузки на кабели и провода, применяемые для разводки при электроразогреве бетонной смеси, должны соответствовать установленным Государственной инспекцией по промышленной энергетике и энергонадзору.

4.8. Во избежание случайных коротких замыканий подводящие провода должны быть тщательно изолированы и не иметь повреждений.

4.9. Напряжение к электродам бункера разогрева может подводиться любым быстроразъемным устройством: ножевым, конусно-штепсельным с гаечным зажимом и т. п. С целью обеспечения надежного контакта подводящих проводов с электродами места соединения должны содержаться в чистоте.

4.10. Бункер выполняется сварным из листовой стали толщиной 4—8 *мм*.

4.11. Конструкция бункера и расстояние между электродами должны быть такими, чтобы обеспечивался равномерный разогрев бетонной смеси. Расстояние между электродами определяется расчетом.

4.12. Электроды для разогрева бетонной смеси могут быть закреплены в бункерах стационарно или быть опускными. Крепление и установка электродов должны осуществляться с учетом необходимости тщательной изоляции (резина, текстолит, стеклопластик и др.).

4.13. Для равномерного распределения бетонной смеси между электродами при загрузке бункера и луч-

шей выгрузки разогретой смеси в конструкцию на нем целесообразно устанавливать вибратор.

4.14. Удельное электрическое сопротивление бетона, необходимое для расчета разогрева смеси в зависимости от ее состава и типа применяемого цемента, определяется строительной лабораторией по методике, изложенной в Приложении 3.

При невозможности определения удельного сопротивления опытным путем ориентировочно его можно принять равным: начальное — 900 *ом · см*, минимальное 600 *ом · см*.

4.15. Расход электроэнергии зависит от температуры разогрева бетонной смеси и ряда других факторов и ориентировочно принимается (с учетом потерь тепла) равным 1 *квт · ч* на каждый градус разогрева 1 $м^3$ бетонной смеси.

4.16. Требуемая для разогрева бетонной смеси электрическая мощность в основном зависит от объема бетонной смеси и скорости разогрева. Ориентировочно для электроразогрева 1 $м^3$ бетонной смеси на 60° (с 10 до 70°С) необходимы следующие мощности:

для разогрева в течение	30	*мин*	120 *квт*
то же,	20	»	180 »
»	15	»	240 »
»	10	»	360 »

5. ПРИГОТОВЛЕНИЕ, ТРАНСПОРТ И РАЗОГРЕВ БЕТОННОЙ СМЕСИ

5.1. Бетонная смесь приготовляется обычным способом на бетонном узле или заводе.

5.2. При использовании холодных заполнителей, но без смерзшихся комьев (размером более 10 *мм*) загрузку материалов следует производить в следующем порядке: загружаются заполнители, заливается вода с температурой не выше 80°С. После перемешивания в течение 1—1,5 *мин* загружается цемент. Продолжительность перемешивания всех материалов должна быть не менее 2,5—3 *мин*.

5.3. Добавки в виде водных растворов вводятся в бетонную смесь при перемешивании, вместе с водой. При этом особое внимание следует обращать на точность дозирования добавок.

5.4. Оптимальная температура отпускаемой с завода бетонной смеси должна составлять не менее 10°С.

5.5. Транспортирование бетонной смеси к месту укладки рекомендуется осуществлять в автосамосвалах или бадьях.

Во избежание примерзания бетона стенки кузова автосамосвалов рекомендуется утеплять, а при снегопадах укрывать от попадания в бетонную смесь снега.

5.6. Бетонная смесь из автомашины выгружается в бункер электроразогрева и разравнивается между электродами. При температурах воздуха ниже —20°С для уменьшения теплопотерь бункер электроразогрева рекомендуется утеплять.

При снегопадах открытая часть бункера должна укрываться от попадания в бетонную смесь снега.

5.7. Электроразогрев бетонной смеси в бункерах или бадьях должен производиться на спланированной горизонтальной площадке размером не менее 6,5×6 *м* с ограждением из щитов высотой 1,5—1,7 *м*, сделанных из металлической сетки. На площадке размещаются два бункера электроразогрева бетонной смеси, заземляющее устройство и щит управления согласно схеме, показанной на рис. 1.

5.8. Электроразогрев бетонной смеси в бункерах осуществляется в следующем порядке:

два очищенных от бетонной смеси бункера устанавливаются в горизонтальное положение на площадке для разогрева;

осуществляется загрузка бункеров бетонной смесью с разравниванием ее между электродами и в промежутках между ними, а также между стенками бункера;

к корпусу бункера подсоединяется провод от защитного заземления, нулевой провод от питающей сети и затем подключаются электроды; в бетонную смесь устанавливаются термометры или термодатчики;

проверяется надежность всех соединений, после чего персонал выходит за пределы ограждения и на электроды подается электрический ток;

по достижении бетонной смесью заданной температуры ток выключается, проверяется отсутствие напряжения на контактных выводах подводящих проводов, после чего последовательно отключаются электроды, нулевой провод и провод защитного заземления;

бункер с разогретой смесью подается к месту ее укладки.

5.9. Электроразогрев бетонной смеси осуществляется переменным электрическим током напряжением до 380 *в*. При применении подвижных бетонных смесей

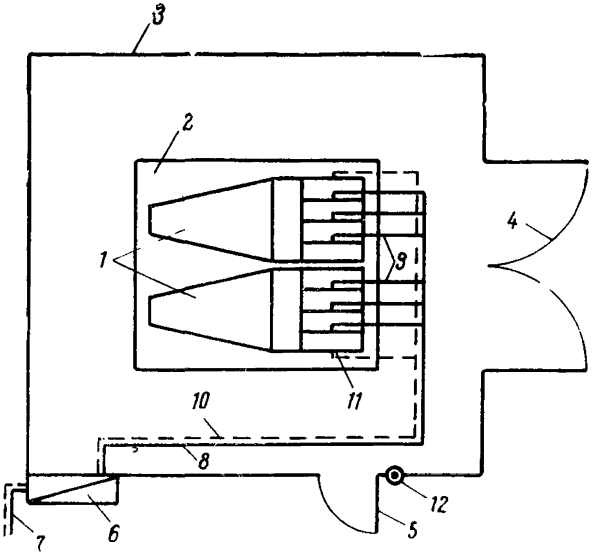


Рис. 1. Схема площадки для электроразогрева бетонной смеси

1 — бункера; *2* — настил; *3* — сетчатое ограждение; *4* — ворота; *5* — служебный вход; *6* — щит управления; *7* — силовой кабель; *8* — питающий кабель; *9* — питающие провода; *10* — нулевой провод; *11* — заземляющее устройство; *12* — световой и звуковой сигналы

с добавками, обладающими небольшим удельным сопротивлением, при малых расстояниях между электродами, а также при ограниченных установленных мощностях, разогрев следует вести при невысоких напряжениях.

5.10. Температура разогрева бетонной смеси определяется типом применяемого цемента и не должна превышать: для бетонов на портландцементах 70°С, на шлакопортландцементах 80°С. Время разогрева бетонной смеси зависит от имеющихся электрических мощностей и должно в среднем составлять 10—15 *мин*.

6. УКЛАДКА РАЗОГРЕТОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ И ВЫДЕРЖИВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

6.1. После окончания разогрева бетонной смеси она сразу же укладывается в опалубку и уплотняется. В период подачи разогретой бетонной смеси в конструкцию производится электроразогрев во втором бункере.

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

6.2. Опалубка и арматура перед бетонированием должны быть очищены от снега и наледи. При возведении конструкций с модулем поверхности более 6, а также при температурах наружного воздуха ниже — 20°С опалубка в углах должна быть дополнительно утеплена.

6.3. Укладка бетона производится в быстром темпе и непрерывно. Бетон подается в конструкцию непосредственно из бункера электроразогрева. Перегрузка разогретой бетонной смеси не допускается. Сразу после уплотнения неопалубленная поверхность бетона тщательно укрывается паротеплоизоляционными матами или слоем паронепроницаемого материала (битуминозная бумага, толь, полиэтиленовая пленка, прорезиненная ткань и т. п.), а затем слоем шлаковаты толщиной 7—10 *см*, опилок или шлака толщиной 10—15 *см*. Перерывы в укладке бетона в конструкцию крайне нежелательны. Если все же перерыв неизбежен, то поверхность бетона до возобновления бетонирования тщательно укрывается и утепляется.

6.4. При выдерживании бетона осуществляется тщательное наблюдение за температурным режимом его твердения. При резком понижении температуры наружного воздуха и появлении опасности более быстрого охлаждения бетона, чем предусмотрено расчетом (см. Приложение 4), конструкцию необходимо укрыть дополнительным слоем теплоизоляции, обратив особое внимание на утепление углов и выступающих частей.

Примечание. Дополнительное утепление конструкции осуществляется в соответствии с расчетом. В случае невозможности путем дополнительного утепления обеспечить достижение бетоном установленной прочности к моменту замерзания следует применять обогрев конструкции.

6.5. Распалубка бетона производится до его замораживания. К этому моменту бетон должен иметь проч-

ность, равную 50% проектной марки или больше, если это требуется проектом и диктуется временем загрузки конструкции расчетной нагрузкой.

7. КОНТРОЛЬ ЗА ПРОИЗВОДСТВОМ РАБОТ И КАЧЕСТВОМ БЕТОНА

7.1. При применении предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей для возведения монолитных железобетонных и бетонных конструкций контроль осуществляется за:

а) приготовлением бетонной смеси;

б) транспортированием смеси на строительную площадку;

в) разогревом бетонной смеси;

г) укладкой разогретой бетонной смеси в конструкцию;

д) выдерживанием бетона в конструкции до распалубки и замерзания.

7.2. При приготовлении бетонной смеси особое внимание следует обращать на точность дозировки компонентов, а главное, воды и добавок, существенно влияющих на удельное сопротивление бетона и тем самым на время его разогрева до заданной температуры. Дозирование воды и водных растворов добавок производится автоматическими или полуавтоматическими весовыми дозаторами с точностью ± 1%.

При применении неотогретых заполнителей для приготовления бетонной смеси необходимо строго следить за тем, чтобы они не имели смерзшихся комьев.

7.3. При транспортировании бетонной смеси необходимо установить контроль за ее укрытием от попадания снега и остыванием. Бетонная смесь должна выгружаться только в очищенную от примерзшего бетона транспортную тару (бункера, автосамосвалы и т. п.). При выгрузке в бункер электроразогрева температура бетонной смеси должна быть не ниже 5°С.

7.4. Температурный контроль за разогревом бетонной смеси осуществляется с помощью обычных термометров или теплового реле. Термодатчики устанавливаются в середине между электродами.

Примечание. Наиболее удобным и совершенным способом является дистанционный температурный контроль за электроразогревом бетонной смеси с пульта управления с применением термопар или безынерционных термодатчиков, устанавливаемых в бетоне пе-

ред началом разогрева. Дистанционное измерение температуры осуществляется электронными мостами или потенциометрами типа ЭПД, ЭПП или ПСР.

7.5. При бетонировании конструкции необходимо вести контроль за своевременностью укладки разогретой бетонной смеси в опалубку, скоростью укладки и уплотнением. Все операции осуществляются в минимально короткие сроки. По окончании укладки и уплотнения бетона неопалубленная поверхность немедленно укрывается пароизоляцией и утепляется.

7.6. При выдерживании бетона до приобретения им требуемой прочности контроль за его температурой осуществляется не реже двух раз в сутки. Замеры производятся термометрами, устанавливаемыми в специально оставленные для этой цели скважины глубиной 8—10 *см*, которые в интервалах между замерами плотно закрываются деревянными или войлочными пробками. Температурные скважины в конструкции устраиваются в местах, подверженных наибольшему охлаждению (в углах, выступающих частях и т. п.).

7.7. Все записи температур наружного воздуха, бетонной смеси перед укладкой в опалубку и бетона в процессе остывания заносятся в журнал контроля температуры (см. Приложение 5).

7.8. Для контроля прочности на каждые 50 $м^3$ уложенного бетона изготавливаются 12 кубов, из которых 3 изготавливаются из бетонной смеси до ее разогрева, хранятся в нормальных условиях и испытываются в 28-суточном возрасте, а 9 кубов изготавливаются из разогретой бетонной смеси и выдерживаются в условиях, полностью соответствующих режиму выдерживания забетонированной конструкции. Из этих кубов первые 3 испытываются после понижения температуры бетона в конструкции не ниже чем до 2°С; 3 куба испытываются сразу после оттаивания конструкции; последние 3 куба переносятся в нормальные условия и испытываются в 28-суточном возрасте после оттаивания.

Контроль прочности бетона допускается производить и другими опробированными методами (ультразвук, эталонный молоток и др.) в соответствии со специальными инструкциями.

Характеристика бетона, разогретой смеси и прочностные данные, полученные по результатам испытаний образцов, регистрируются в журнале контроля прочности (см. Приложение 6).

Ориентировочно прочность бетона может определяться по графикам нарастания прочности бетона в зависимости от температуры выдерживания (рис. 2 и 3).

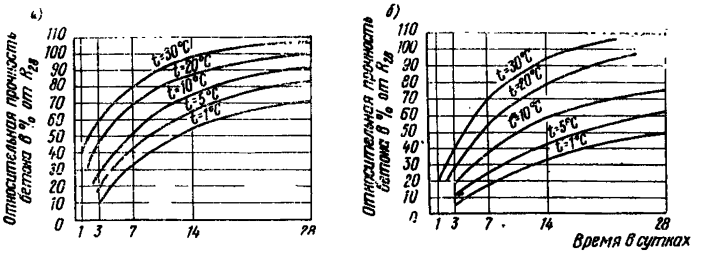


Рис. 2. Характер нарастания прочности бетонов на цементах марки 400 при низких положительных температурах
а — на портландцементе; *б* — на шлакопортландцементе

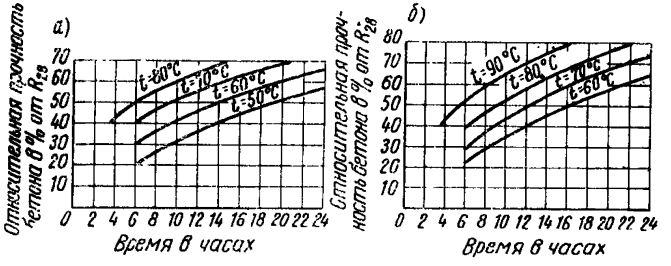


Рис. 3. Характер нарастания прочности бетонов на цементах марки 400 при высоких положительных температурах
а — на портландцементе; *б* — на шлакопортландцементе

8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

8.1. При производстве работ по электроразогреву должны соблюдаться все требования по технике безопасности, изложенные в главе СНиП III-А.11-62. «Техника безопасности в строительстве».

Эксплуатация установок, применяемых для электроразогрева, должна осуществляться согласно «Правилам эксплуатации электрических установок промышленных предприятий».

8.2. Все лица, обслуживающие установки и осуществляющие контроль за электроразогревом бетонной смеси, должны пройти обучение безопасным методам работ

под руководством опытного инструктора и проверку знаний квалификационной комиссией с получением соответствующего удостоверения.

8.3. Все оголенные токоведущие части трансформаторов и распределительных щитов должны быть защищены от случайных прикосновений людей и атмосферных осадков. Рубильники заключаются в кожухи. Около трансформаторов и распределительных щитов должны быть установлены деревянные решетки или настилы, покрытые резиновыми ковриками.

8.4. Все металлические нетоковедущие части электрооборудования, применяемого для электроразогрева бетонной смеси, должны быть надежно занулены путем присоединения к ним нулевого провода питающей сети. Корпус бадьи следует дополнительно заземлять проводом, идущим к защитному заземлению, с сопротивлением не более 4 *ом*. Защитное заземление выполняется в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (см. Приложение 8).

8.5. При электроразогреве должен быть установлен систематический контроль за исправностью электрических кабелей и проводов, изоляцией пластин-электродов от корпуса бункера, надежностью подсоединения электродов и заземления.

Каждый раз подаче напряжения на электроды бункера электроразогрева должна предшествовать визуальная проверка изоляции подводящих проводов, надежность и прочность контакта и заземления.

Результаты визуальной проверки один раз в смену записываются в специальный журнал.

Не реже одного раза в месяц изоляция установки проверяется мегометром на 1000 *в*.

8.6. Все рабочие, обслуживающие электроразогрев бетона, снабжаются резиновыми сапогами или специальными диэлектрическими галошами, а электромонтеры и монтажники, кроме того, еще и резиновыми перчатками.

8.7. Площадка электроразогрева бетона должна ограждаться. На видном месте вывешиваются предупредительные плакаты, правила по технике безопасности и оказанию первой помощи.

8.8. При электроразогреве в сырую погоду бункера должны быть изолированы от грунта двойным деревян-

ным настилом с гидроизоляционной прослойкой (толь, рубероид и др.).

8.9. Включение напряжения допускается только после окончания загрузки бункера и ухода всех рабочих за ограждение. На ограждении должна быть установлена красная сигнальная лампа, которая автоматически загорается при подаче напряжения на электроды. Электроразогрев производится только в присутствии дежурного электромонтера.

8.10. Измерение температуры бетонной смеси в процессе электроразогрева техническими термометрами допускается только при выключенном напряжении.

8.11. При обнаружении неисправностей (механическое повреждение изоляции, обрыв провода и др.) электроразогрев должен быть немедленно прекращен до их устранения.

8.12. При перерывах в работе и ремонтах напряжение полностью снимается со щита управления.

8.13. За безопасное состояние установки на участке, на котором производится электроразогрев, отвечает механик, что оформляется приказом по строительному управлению.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ

А. Расчет бункера электроразогрева

Объем бункера электроразогрева (рис. 4) зависит от объема разогреваемой смеси и определяется по формуле

$$V_б = kV_{б.см}\ м^3, \qquad (1)$$

где k — коэффициент уплотнения бетонной смеси к моменту разогрева, учитывающий разрыхленное состояние ее при загрузке в бункер, который с достаточной точностью может быть принят 1,2 для обычного бетона и 1,4 для легкого бетона;

$V_{б.см}$ — максимальный объем разогреваемой бетонной смеси в $м^3$.

Примечание. Коэффициент уплотнения рекомендуется определять опытным путем как отношение объемного веса смеси в предельно уплотненном состоянии к ее объемному весу в рыхлонасыпном состоянии в бункере.

Потребная мощность, необходимая для разогрева бетонной смеси, определяется по формуле

$$P_п = \frac{C^{пр}_{б.см}\,\gamma_{б.см}\,V_{б.см}\,(t_к - t_н)\,60\,\alpha}{864\,T_р}\ квт. \qquad (2)$$

Для расчета удобнее пользоваться определением удельной мощности

$$P_{уд} = \frac{C^{пр}_{б.см}\,\gamma_{б.см}\,(t_к - t_н)\,60\,\alpha}{864\,T_р}\ квт/м^3, \qquad (3)$$

где $C^{пр}_{б.см}$ — приведенная удельная теплоемкость бетонной смеси в *ккал/кг · град*;

$\gamma_{б.см}$ — объемный вес бетонной смеси в *кг/м³*, определяемый опытным путем;

$t_к$ — конечная температура разогрева бетонной смеси в °С, которая может лежать в широких пределах в зависимости от применяемого вида цемента, модуля поверхности и др., но не выше 80°С;

$t_н$ — начальная температура бетонной смеси в °С, в зимнее время должна быть не ниже 3—5°С;

864 — электрический эквивалент тепла в *ккал/квт · ч*;

$T_р$ — продолжительность разогрева бетонной смеси в бункере в *мин*;

α — коэффициент, учитывающий потери тепла в период разогрева, который может быть принят равным 1,2.

Примечание. При скорости ветра более 6 *м/сек* коэффициент в расчете должен приниматься равным 1,5.

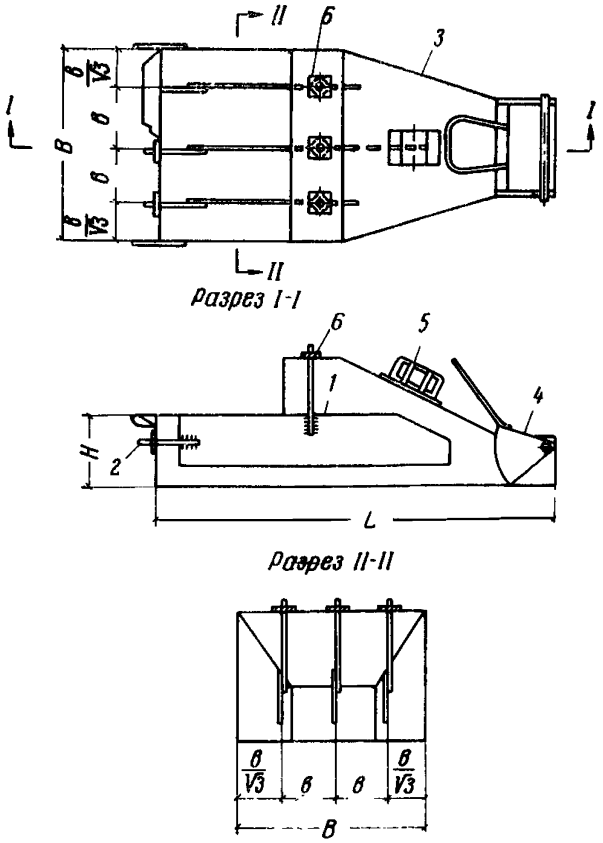


Рис. 4. Принципиальная схема бункера электроразогрева бетонной смеси

1 — пластинчатый электрод; *2* — контакт-электрод; *3* — бункер; *4* — затвор; *5* — вибратор; *6* — крепление электрода; *H, B* и *L* — высота, ширина и длина бункера

Учитывая, что равномерный разогрев всех компонентов бетонной смеси происходит при $\alpha = 1{,}20$ за 10—15 *мин*, мощность может быть рассчитана по формуле

$$P_{уд} = 5{,}56 \cdot 10^{-3}\, C^{пр}_{б.см}\, \gamma_{б.см}\, (t_к - t_н)\ \textit{квт/м}^3. \qquad (4)$$

Величина приведенной удельной теплоемкости бетонной смеси ($C^{пр}_{б.см}$) определяется по формуле

$$C^{пр}_{б.см} = \frac{\Sigma\, C_i\, P_i}{\Sigma\, P_i}\ \textit{ккал/кг} \cdot \textit{град}, \qquad (5)$$

где C_i — удельные теплоемкости в *ккал/кг · град* составляющих бетонную смесь компонентов;

P_i — весовые части составляющих бетонной смеси (цемента, воды и заполнителя).

Удельная теплоемкость воды равна 1, цемента — 0,2. Удельная теплоемкость заполнителя должна приниматься с учетом его влажности и определяться по формуле

$$C_э = C_{сух} + 0{,}01\,\omega_в\,. \qquad (6)$$

Удельная теплоемкость сухого заполнителя принимается равной: гранитного щебня — 0,2, известнякового щебня — 0,19; керамзитового гравия — 0,18, песка кварцевого — 0,17.

Весовая влажность ($\omega_в$ в %) заполнителя после пребывания его в бетонной смеси в течение одного часа может быть принята: гранитного щебня — 1%; керамзитового гравия — 3—5%, известнякового щебня — 10—12%.

Мощность установки для электроразогрева бетонной смеси — величина переменная и определяется по формуле

$$P_{энг.\,уд} = \frac{u^2}{b_{эл}^2\,\rho_{ср}}\,10^{-3}\ \ квт/м^3, \qquad (7)$$

где u — напряжение на электродах в *в*;

$b_{эл}$ — расстояние между электродами в *м*;

$\rho_{ср}$ — среднее за время разогрева удельное омическое сопротивление бетонной смеси в *ом · м*, равное

$$\rho_{ср} = \alpha\rho_{мин}, \qquad (8)$$

где $\alpha = 1{,}3—1{,}6$; $\rho_{мин}$ определяется опытным путем по методике, указанной в Приложении *3*.

Расстояние между электродами находим из выражения

$$b_{эл} = \frac{425\,u}{\sqrt{\rho_{ср}\,C^{пр}_{б.см}\,\gamma_{б.см}\,(t_к - t_н)}}\ м, \qquad (9)$$

где u — напряжение на электродах в *в* (обычно 380 *в*);

$b_{эл}$ — расстояние между электродами в *м*. В случае заземленного корпуса бункера расстояние между электродами, днищем и стенками бункера принимается равным $\frac{b_{эл}}{\sqrt{3}}$.

Площадь электрода может быть определена по формуле

$$S_{эл} = \frac{k\,V_{б.см}}{b_{эл}\,n}\ м^2, \qquad (10)$$

где $V_{б.см}$ — объем разогреваемой бетонной смеси в $м^3$;

k — коэффициент уплотнения бетонной смеси до разогрева;

$b_{эл}$ — расстояние между электродами в *м*;

n — количество отсеков в бункере; этой величиной приходится задаваться.

Зная объем разогреваемой бетонной смеси, расстояние между электродами и площадь электрода, задаются размерами бункера.

Количество бункеров (N) вычисляется по формуле

$$N = \frac{П T_р k}{\tau V \cdot 60 k_{вр}} \text{ шт.}, \qquad (11)$$

где $П$ — суточная производительность в *м³/сутки*;
$T_р$ — время разогрева бетонной смеси в *мин*;
V — объем бункера в *м³*;
τ — продолжительность всех смен работы в *ч*;
$k_{вр}$ — коэффициент использования трансформатора по времени (0,6—0,9).

Б. Определение установленной мощности и выбор трансформатора

Тип трансформатора назначается исходя из величины максимальной и расчетной мощности, необходимой для электроразогрева бетонной смеси.

Максимальная мощность для разогрева определяется по формуле:

$$P_{макс} = \frac{u^2 V_{б.см} k}{b_{эл}^2 \rho_{мин}} 10^{-3} \text{ квт}, \qquad (12)$$

где u — напряжение на электродах в *в*;
$V_{б.см}$ — максимальный объем разогреваемой бетонной смеси в *м³*;
k — коэффициент уплотнения бетонной смеси;
$b_{эл}$ — расстояние между электродами в *м*;
$\rho_{мин}$ — минимальное удельное сопротивление бетонной смеси в *ом · м*, определяемое опытным путем в соответствии с приложением 3.

Расчетная мощность определяется по формуле

$$P_{расч} = \frac{P_{макс}}{\eta \cos\varphi \, k_{к.п}} \text{ квт}, \qquad (13)$$

где $\eta\cos\varphi$ — соответственно к. п. д. и коэффициент мощности трансформатора (обычно $\eta \cos\varphi = 0{,}9$);
$k_{к.п}$ — коэффициент кратковременной допустимой перегрузки (может быть принят равным 1,3—1,5).

По расчетной мощности подбирается тип трансформатора таким образом, чтобы соблюдалось условие

$$P_{ном} \geqslant P_{расч} \text{ ква}. \qquad (14)$$

Стандартные схемы и группы соединения трансформаторов приведены в табл. 1.

В. Определение тока по фазам и выбор типа кабеля

Определение тока по фазам идет из расчета максимально потребляемой мощности

$$I_{макс} = \frac{k V_{б.см} u_л}{\sqrt{3} b_{эл}^2 \rho_{мин} \eta \cos\varphi} a. \qquad (15)$$

Таблица 1

Стандартные схемы и группы соединений силовых трансформаторов

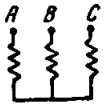
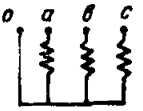
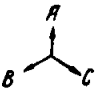
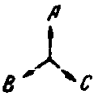
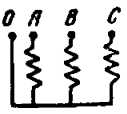
Схема соединения обмоток		Векторная диаграмма напряжений		Обозначение группы соединений
ВИ	НИ	ВИ	НИ	
				Y/Y_0—12
				Y/Δ—11
				Y_0/Δ—11

Таблица 2

Провода и шнуры в резиновой или полихлорвиниловой изоляции

Сечение токопроводящей жилы в *мм*²	Нагрузка на жилу кабеля в *а*	
	медная жила	алюминиевая жила
4	41	32
6	50	39
10	80	55
16	100	80
25	140	105
35	170	130
50	215	165
70	270	210
95	330	255
120	385	295
180	440	340
185	510	390
240	605	465
300	695	535

После определения величины тока по таблице подбирается сечение провода, а соответственно и кабеля в зависимости от напряжения, подводимого к первичной обмотке трансформаторов.

В зависимости от условий работы подбирается тип кабеля.

Для контрольно-измерительной аппаратуры могут быть использованы типы проводов, приведенные в табл. 2 и 3.

Таблица 3

Провода переносные шланговые легкие (ШПРЛ) и средние (ШПРС), кабели ППШ, КРПТ, ГРШС и др.

Тип кабеля	Допустимая нагрузка в *а* при сечении токопроводящей жилы в *мм²*								
	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
Одножильный	40	50	65	90	120	160	190	235	290
Двухжильный	30	43	55	75	95	125	150	185	235
Трехжильный	28	36	45	60	80	105	130	160	200

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРЕХФАЗНЫХ ДВУХОБМОТОЧНЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТИПА ТМ ИЛИ ТС *

Мощность трансформатора в *ква*	Обмотки выполняются на напряжение в *кв*		Напряжение короткого замыкания в %	Схема и группа соединений обмоток	Напряжение в *кв*			
	первичная обмотка, вн	вторичная обмотка, нн			6	10	6	10
					Габариты		Вес в *кг*	
50	0,5; 3,6	0,4	5,5; 6,5	*Y/Y*—12	1180×80×1190	1500×650×1405	580	730
100	0,5; 3,6	0,4 0,525		*Y/Δ*—12	1370×845×1335	1650×805×11550	830	1150
180					1490×950×1485	1560×1000×1616	1250	1450
240	3; 6; 10	0,4; 0,525	5,5; 6,5	*Y/Y*—12	1710×1040×1565	1710×1040×1715	1700	1850
320				*Y/Δ*—11	1710×1040×1715	1710×1040×1915	2000	2230
560					2420×1355×2210	2420×1355×2210	3190	3190
750			5,5	*Y/Y*—12	2555×1480×2600	2555×1480×2600	4945	4945
1000	3; 6; 10	0,4; 0,525	6,5; 6,5	*Y/Δ*—11	2695×1480×3195	2696×1480×3195	5690	5690

* ТМ—трансформатор с масляным охлаждением мощностью 60—1800 *ква*, ТС—трансформатор с воздушным охлаждением мощностью 1820—750 *ква*.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Определение удельного сопротивления бетона может производиться разными способами (наиболее простым и удобным является метод амперметра — вольтметра).

Бетонная смесь укладывается в форму размером 10×10×20 *см*, у которой боковые стенки и днище изготовлены из диэлектрика (пластмасса, пропитанное минеральным маслом дерево, текстолит и др.), а торцовые стенки, служащие электродами, — из металла.

Образец включается в электрическую цепь, по которой пропускается ток строго фиксированного напряжения. Напряжение выбирается в зависимости от состава бетона и пределов измерения миллиамперметра; определяется оно опытным путем.

Подача и регулирование напряжения производятся лабораторным автотрансформатором (ЛАТР). Сила тока в цепи замеряется миллиамперметром с точностью до 1 *ма*, напряжение — вольтметром с точностью до 1 *в*.

После получения всех электрических параметров расчет удельного сопротивления ведется по формуле

$$\rho = \frac{RS}{l}, \qquad (16)$$

где ρ — удельное сопротивление бетона в *ом* · *см*;

R — сопротивление бетона в *ом*;

S — площадь поперечного сечения образца в *см*^{2};

l — расстояние между электродами в *см*.

Расчет сопротивления образца R в зависимости от схемы включения последнего в электрическую цепь производится по различным формулам.

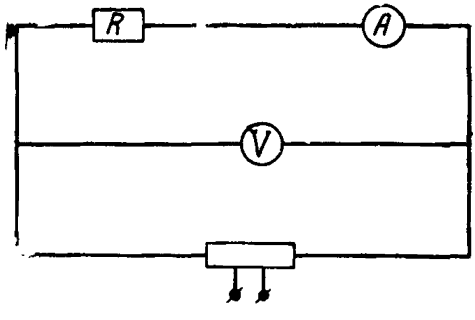


Рис. 5. Схема электрической цепи по определению удельного сопротивления бетона при включении вольтметра параллельно образцу и амперметру

При включении образца в цепь по схеме (рис. 5) сопротивление его рассчитывается по формуле

$$R = \frac{u}{I} - R_a, \qquad (17)$$

где R — сопротивление образца в *ом*;
u — показания вольтметра в *в*;
I — показания миллиамперметра в *а*;
R_a — собственное сопротивление миллиамперметра (указывается в паспорте прибора или на его циферблате) в *ом*.

Тогда ρ определяется по формуле

$$\rho = \left(\frac{u}{I} - R_a\right)\frac{S}{l} = \frac{uS}{Il} - \frac{R_a S}{l}. \qquad (18)$$

При включении образца в цепь по схеме (рис. 6) его сопротивление R рассчитывается по формуле $R = \frac{u}{I}$ при условии, что сопротивление вольтметра значительно выше сопротивления образца, т. е. $R_v \gg R$, где R_v — сопротивление вольтметра.

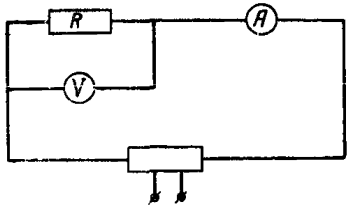


Рис. 6. Схема электрической цепи по определению удельного сопротивления бетона при включении вольтметра параллельно образцу

В противном случае (когда R_v соизмеримо с R) сопротивление образца определяется по формуле

$$R = \frac{u}{I - \frac{u}{R_v}}, \qquad (19)$$

а удельное сопротивление по формуле

$$\rho = \frac{u}{I - \frac{u}{R_v}} \cdot \frac{S}{l}. \qquad (20)$$

Для определения сопротивления бетона могут использоваться и другие способы, например, схема с двумя вольтметрами (рис. 7).

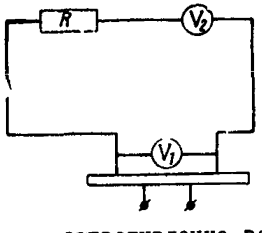


Рис. 7. Схема электрической цепи по определению удельного сопротивления бетона с двумя вольтметрами

В этом случае сопротивление рассчитывается по формуле

$$R = R_{v_2}\frac{u_1 - u_2}{u_2}, \qquad (21)$$

где u_1 — показания вольтметра, включенного в цепь параллельно, в *в*;

R — сопротивление образца в *ом*;

u_2 — показания вольтметра, включенного в цепь последовательно, в *в*;

R_{v_2} — собственное сопротивление вольтметра, включенного в цепь последовательно, в *ом* (указывается в паспорте прибора или на его циферблате).

Тогда удельное сопротивление бетона определяется по формуле

$$\rho = R_{v_2} \frac{u_1 - u_2}{u_2} \cdot \frac{S}{l}. \qquad (22)$$

Примеры расчета

1. По рис. 5.

Проведенные замеры электротехнических параметров составили: $u=20$ *в*, $I=80$ *ма*, $S=100$ *см*^{2}, $l=20$ *см*, $R_a=70$ *ом*.

Сопротивление равно: $R = \dfrac{20\ в}{0{,}080\ а} - 70\ ом = 180\ ом.$

Удельное сопротивление $\rho = \dfrac{180\ ом \cdot 100\ см^2}{20\ см} = 900\ ом \cdot см^2.$

2. По рис. 7.

Проведенные замеры электротехнических параметров составили: $u_1=27$ *в*, $u_2=20$ *в*, $R_{v_2}=500$ *ом*, $S=100$ *см*^{2}, $l=20$ *см*.

Сопротивление равно: $R = 500\dfrac{27{,}0-20}{20} = 175\ ом.$

Удельное сопротивление составляет: $\rho = \dfrac{175\ ом \cdot 100\ см^2}{20\ см} = 875\ ом \cdot см.$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОСТЫВАНИЯ БЕТОНА В КОНСТРУКЦИИ ДО 0°С

Продолжительность остывания в часах бетона, уложенного в опалубку, до 0°С определяется по формуле Б. Г. Скрамтаева

$$\tau = \frac{600\, t_{б.н} + ЦЭ}{KM\,(t_{б.ср} - t_{н.в})}, \qquad (23)$$

где K — коэффициент теплопередачи от бетона через опалубку в окружающую среду в *ккал/м*$^2 \cdot ч \cdot$ *град*, определяемый по формуле (24) (или выбирается по табл. 4).

Коэффициент теплопередачи от бетона через опалубку в окружающую среду определяется по формуле

$$K = \frac{1}{0{,}05 + \sum_1^n \frac{h_i}{\lambda_i}}, \qquad (24)$$

где h — толщина каждого слоя изоляции в *см*;

λ — коэффициент теплопроводности изоляционного слоя в *ккал/м* $\cdot ч \cdot$ *град* (табл. 5).

Таблица 4

Коэффициент теплопередачи от бетона через опалубку в окружающую среду в *ккал/м² · ч · град*

Материал для опалубки	Толщина досок опалубки в *см*			
	2,5	4	5	Без опалубки
Слой толя или рубероида	—	—	—	5,52
Слой толя (рубероида) плюс слой минераловатных матов ($\delta = 5$ *см*)	—	—	—	1,47
Слой толя (рубероида) плюс слой опилок ($\delta = 5$ *см*)	—	—	—	1
Простая опалубка	4,6	3,8	3,6	—
Опалубка плюс слой толя	4,4	3,2	2,45	—
Опалубка плюс слой толя плюс слой войлока ($\delta = 1$ *см*)	2,1	1,78	1,56	—
Опалубка плюс слой толя плюс два слоя войлока ($\delta = 2$ *см*)	1,38	1,23	1,12	—
Опалубка плюс слой опилок ($\delta = 5$ *см*) плюс опалубка	0,99	0,85	0,75	—
Опалубка плюс слой толя плюс слой соломита или камышита ($\delta = 5$ *см*)	0,81	0,76	0,72	—
Опалубка плюс слой опилок ($\delta = 5$ *см*) плюс опалубка	0,61	0,56	0,51	—
Опалубка плюс слой шлаковаты (стекловаты $\delta = 3$) *см* плюс опалубка	0,09	0,075	0,068	—

Таблица 5

Коэффициент теплопроводности основных изоляционных материалов в *ккал/м · ч · град*

Наименование материала	Коэффициент теплопроводности
Пенопласт	0,02
Мипора	0,03
Стекловата	0,04
Резина пористая	0,043
Минеральный войлок	0,055
Опилки древесные	0,06
Минераловатные маты	0,1
Камышит	0,12
Фанера клееная	0,13
Пергамин, толь	0,15
Резина листовая	0,15
Шлак топливный или доменный	0,15
Туф, пемза насыпная	0,15
Картон обыкновенный	0,15
Пленка полихлорвиниловая	0,26
Снег уплотненный	0,3

Таблица 6

Выделение тепла в *ккал* на 1 *кг* цемента за время твердения при температуре 15—18°С

Название цемента	Марка цемента	Продолжительность твердения в сутках		
		1	2	3
Быстротвердеющий портландцемент	500—600	55	67	75
Портландцемент	500	40	55	60
	400	32	46	50
	300	24	36	40
Шлакопортландцемент	400	—	25	30
	300	—	19	25

Ориентировочные данные коэффициента теплопередачи для наиболее часто встречающихся случаев приведены в табл. 4:

M — модуль поверхности в $м^{-1}$;

$Ц$ — расход цемента в $кг/м^3$;

$Э$ — экзотермия, определяемая по табл. 6;

$t_{б.н}$ — начальная температура бетона в °С;

$t_{н.в}$ — температура наружного воздуха в °С;

$t_{б.ср}$ — средняя температура бетона в *град* за период остывания до 0°С.

Ориентировочно $t_{б.ср}$ в зависимости от модуля поверхности определяется через начальную температуру бетона:

$$\left.\begin{aligned} &\text{при } M \leqslant 3 \qquad t_{б.ср} = \frac{t_{б.н} + 5}{2} \\ &M = 3 \div 8 \quad t_{б.ср} = \frac{t_{б.н}}{2} \\ &\text{»} \quad M = 8 \div 12 \; t_{б.ср} = \frac{t_{б.н}}{3} \end{aligned}\right\} \qquad (25)$$

Пример расчета

Требуется определить время остывания бетона, приготовленного на портландцементе марки 500 с расходом 300 $кг/м^3$, до 0°С в колонне сечением 0,5×0,5 и высотой 3 *м*. Опалубка из досок толщиной 4 *см*. Температура бетона в момент укладки 50°С. Температура наружного воздуха — 20°С.

1. Определяем модуль поверхности:

$$M = \frac{F}{V} = \frac{0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 0{,}5 \cdot 3 \cdot 4}{0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 3} = \frac{6{,}5}{0{,}75} = 8{,}65. \qquad (26)$$

2. Из табл. 4 находим, что $K = 3{,}8$ $ккал/м^2 \cdot ч \cdot град$.

3. Средняя температура бетона за период остывания конструкции до 0°С для модуля поверхности 8,65 составит:

$$t_{б.ср} = \frac{50}{3} = 16{,}7^\circ\text{C}. \quad (27)$$

4. Определяем продолжительность остывания до 0°С при расходе цемента на колонну 224 *кг*.

$$\tau = \frac{600 \cdot 50 + 224 \cdot 60}{3{,}8 \cdot 8{,}65\,(16{,}7 + 20)} = \frac{43\,440}{1050} = 43{,}2\ ч. \quad (28)$$

5. За это время бетон набирает 40% от R_{28}.

Поскольку прочность бетона, выдержанного 43 *ч* в деревянной опалубке из досок толщиной 4 *см*, не достигает 50% от R_{28}, необходимо сделать перерасчет с учетом нового значения K.

Для перерасчета следует исходить из имеющегося в наличии изоляционного материала. Например, в качестве утеплителя может использоваться слой опилок толщиной 5 *см*. Из табл. 4 для опалубки из досок толщиной 40 *см* со слоем опилок 5 *см* $K=0{,}85$.

Тогда продолжительность остывания бетона до 0°С составит:

$$\tau = \frac{600 \cdot 50 + 224 \cdot 60}{0{,}85 \cdot 8{,}65\,(16{,}7 + 20)} = \frac{43\,440}{229} = 161\ ч. \quad (29)$$

Прочность бетона в этом случае составит 60% от R_{28}.

Прочность бетона за период времени остывания до 0°С определяется по графику нарастания прочности в зависимости от температуры и продолжительности твердения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ЖУРНАЛ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, УКЛАДЫВАЕМОГО В РАЗОГРЕТОМ СОСТОЯНИИ

Трест, стройуправление _____
Объект строительства _____
Размер конструкции _____
Модуль поверхности _____
Объем уложенного бетона _____
Характеристика бункера для разогрева _____
температура разогрева смеси _____
Дата бетонирования _____
Температура наружного воздуха _____
Марка бетона, его подвижность и состав _____
Вид, активность цемента и его расход _____
Вид и количество добавок _____
Прочность бетона в *кг/см*^{2}

До замораживания	Сразу после оттаивания	После оттаивания и последующего стандартного хранения в течение 28 суток	При стандартном хранении в течение		Место и условия хранения образцов	Примечания
			одних суток	28 суток		

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ЖУРНАЛ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУР БЕТОНА, УКЛАДЫВАЕМОГО В РАЗОГРЕТОМ СОСТОЯНИИ

Трест, организация _____

Объект строительства _____

Наименование конструкции _____

Размер конструкции и модуль поверхности _____

Продолжительность операций в *ч, мин.*

Вид операций	Начало	Окончание	Всего
Транспортировка			
Разогрев смеси в бункере			
Укладка бетонной смеси			
Остывание бетона до 0°С			

Время замера температуры (час, число, месяц)	Температура в °С											Сведения об опалубке и утеплении. Схема размещения скважин или термопар
	наружного воздуха	бетонной смеси				бетона в конструкции						
		по выходе из бетономешалки	перед началом разогрева	после разогрева	после укладки в конструкцию	наименование скважины						
						1	2	3	4	5		

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Защитным заземлением называют систему проводников, состоящую из заземлителя и заземляющих проводов, предназначенную для соединения с землей нетоковедущих металлических частей или какой-либо точки электрической сети.

Заземлитель служит для создания электрического контакта с землей и представляет собой металлический проводник (или группу проводников), находящийся в непосредственном соприкосновении

с почвой. Заземляющие провода — металлические проводники, соединяющие заземленные части установки с заземлителем.

Заземляющее устройство выполняется обычно в виде замкнутого или разомкнутого контура. В качестве заземлителей используются трубы с толщиной стенок не менее 3,5 *мм*, забитые в предварительно отрытую траншею глубиной 0,8—1 *м* на расстоянии не менее 2,5—3 *м* одна от другой. Забивка труб ведется до тех пор, пока от уровня траншеи до верхнего среза трубы не останется расстояния порядка 0,25—0,3 *м*. К трубам приваривается стальная полоса сечением не менее 48 *мм*^{2} (толщина не менее 4 *мм*). К полосе, соединяющей трубы, приваривается проводник заземления. Длина сварного шва должна быть не менее двойной ширины свариваемых элементов.

Расчет системы заземления ведется по формуле

$$R_{\text{сист}} = \frac{1{,}5\,R_{\text{тр}}.R_{\text{п}}}{1{,}5\,R_{\text{тр}} + R_{\text{п}}\,n}\ \text{ом}, \tag{30}$$

где $R_{\text{сист}}$ — сопротивление системы проводников в *ом*;

$R_{\text{тр}}$ — сопротивление трубы в *ом*;

$R_{\text{п}}$ — сопротивление полосы в *ом*;

n — число труб.

Сопротивление трубы определяется по формуле

$$R_{\text{тр}} = 0{,}366\ \frac{\rho}{l_{\text{тр}}}\ \lg\ \frac{4l_{\text{тр}}}{d}\ \text{ом}. \tag{31}$$

Сопротивление полосы

$$R_{\text{п}} = 0{,}366\ \frac{\rho}{l_{\text{п}}}\ \lg\ \frac{2l_{\text{п}}^2}{bh}\ \text{ом}, \tag{32}$$

где ρ — удельное сопротивление грунта в *ом · см* (удельное сопротивление грунта при влажности его, равной 10—20%, принимается: для торфа 2000, глины 4000, садовой земли 5000, суглинка 10 000, песка 70 000);

$l_{\text{тр}}$ — длина трубы в *см*;

d — диаметр трубы в *см*;

$l_{\text{п}}$ — длина полосы в *см*;

b — ширина полосы в *см*;

h — глубина заложения полосы в *см*.

Пример. Исходные данные: грунт — глина с $\rho = 4000$ *ом · см*, наружный диаметр трубы $d = 6$ *см*, число труб $n = 3$; длина трубы $l_{\text{тр}} = 250$ *см*, длина полосы $l_{\text{п}} = 500$ *см*, глубина заложения полосы $h = 30$ *см*.

$$R_{\text{тр}} = 0{,}366\ \frac{4000}{250}\ \lg\ \frac{4 \cdot 250}{6} = 5{,}85 \lg 167 = 13{,}05\ \text{ом};$$

$$R_{\text{п}} = 0{,}366\ \frac{4000}{500}\ \lg\ \frac{2 \cdot 500}{5 \cdot 30} = 2{,}92 \lg 3330 = 10{,}3\ \text{ом};$$

$$R_{\text{сист}} = \frac{1{,}5 \cdot 13{,}05 \cdot 10{,}3}{1{,}5 \cdot 13{,}05 + 10{,}3 \cdot 3} = \frac{196}{50{,}48} = 3{,}9 < 4\ \text{ом}.$$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения и сущность способа	3
2. Область применения	4
3. Требования к материалам	5
4. Оборудование для электроразогрева бетонной смеси	6
5. Приготовление, транспорт и разогрев бетонной смеси	9
6. Укладка разогретой бетонной смеси и выдерживание конструкций	12
7. Контроль за производством работ и качеством бетона	13
6. Техника безопасности	15
Приложения 1—7	18

НИИбетона и железобетона

Рекомендации по применению в зимних условиях бетонных смесей предварительно разогретых электрическим током

• • •

Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9

• • •

Редактор издательства *Л. А. Савранская*

Технический редактор *А. А. Михеева*

Корректор *Л. П. Атавина*

Сдано в набор 9/IX—1968 г. Подписано к печати 23/XII 1968 г. Т-15587 Формат 84×108 1/32 д. л. 0,5 бум. л. 1,68 усл. печ. л. (уч.-изд. 1,77 л.). Тираж 30.000 экз. Изд. № XII—1758. Зак. 435. Цена 9 коп.

Подольская типография Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР г. Подольск, ул. Кирова, д. 25.

gost.e-ecolog.ru